

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-194274

(43)Date of publication of application : 21.07.1999

(51)Int.Cl. G02B 15/20
G02B 13/18
G02B 13/22

(21)Application number : 10-010013

(71)Applicant : RICOH CO LTD

(22)Date of filing : 05.01.1998

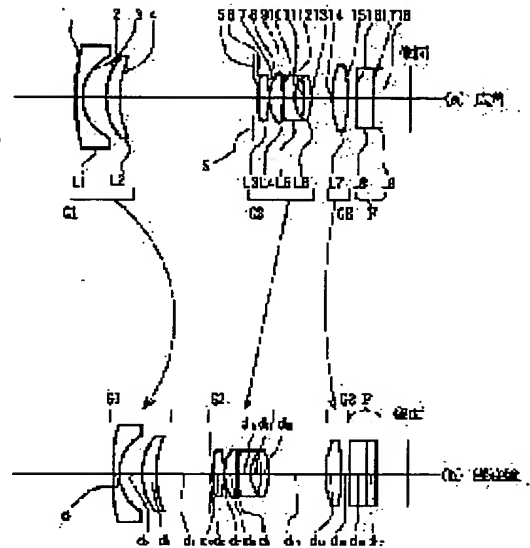
(72)Inventor : KOIZUMI HIROSHI

(54) ZOOM LENS

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a small wide-angle zoom lens having a variable power ratio larger than three times, sufficiently separating the position of an exit pupil from the image plane, suppressing the distortion aberration and having a small number of lenses and little aberration.

SOLUTION: At the time of zooming from the wide-angle end to the telescopic end, a first lens group G1 having a negative refractive power is moved to the image side and reversely moved to the object side on the way, a second lens group G2 having a positive refractive power is monotonously moved to the object side and a third lens group G3 having a positive refractive power is moved to the object side and reversely moved to the image side on the way. An aperture diaphragm S is located on the object side of the second lens group G2 and integrally moved with it. By representing the focal distance of Mth lens group (M=1-3) by f_M and the composite focal distance of the whole system at the wide-angle end by f_W , the conditions: (1) $2.62 < |f_1|/f_W < 2.72$ ($f_1 < 0$), (2) $f_3/f_W < 3.4$ and (3) $0.57 < f_2/f_3 < 0.65$ ($f_2 > 0$, $f_3 > 0$) are satisfied.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 04.07.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

THIS PAGE BLANK (USPTO)

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

 CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The 1st group optical system which has negative refractive power one by one toward an image side from a body side, While preparing the aperture diaphragm which arranges the 3rd group optical system which has the 2nd group optical system and the positive refractive power which have positive refractive power, and moves to the body side of the aforementioned 2nd group optical system at this 2nd group optical system and one at the time of zooming Zooming from a wide angle edge to a tele edge is faced. the aforementioned 1st group optical system By moving an optical-axis top to an image side first, and reversing the move direction to a body side on the way, it moves to an image side at the convex arc of a convex, and change of a focal position is amended. the aforementioned 2nd group optical system An optical-axis top is moved to a body side in monotone, and variable power is performed. and the aforementioned 3rd group optical system By carrying out body side HE movement of the optical-axis top first, and reversing the move direction to an image side on the way the synthetic focal distance of the whole system [in / fM and a wide angle edge / it moves to the convex arc of a convex, and variable power is performed to a body side, and / for the focal distance of the Mth group optical system (M=1-3)] -- fW ** -- the time of carrying out -- these -- condition: (1) $2.62 < |f1| / fW < 2.72$ ($f1 < 0$)

(2) $f3 / fW < 3.4$ (3) $0.57 < f2 / f3 < 0.65$ ($f2 > 0, f3 > 0$)

The zoom lens characterized by carrying out ** satisfactory.

[Claim 2] The negative lens of the shape of a meniscus by which the aforementioned 1st group optical system turned the convex to the body side one by one toward the image side from the body side, Two lenses which come to arrange the meniscus-like positive lens which turned the convex to the body side are included. and and the aforementioned 2nd group optical system The positive lens which turned the refracting interface strong against a body side one by one toward the image side from the body side, the meniscus-like positive lens which turned the convex to the body side, and the meniscus-like negative lens which turned the convex to the body side -- and -- and the zoom lens according to claim 1 characterized by including four lenses which come to arrange the meniscus-like positive lens which turned the convex to the image side

[Claim 3] The meniscus-like negative lens of the two lenses of the aforementioned 1st group optical system most located in a body side is a zoom lens according to claim 2 characterized by being the aspheric surface of the configuration to which negative refractive power becomes weak as the lens side by the side of an image separates from an optical axis.

[Claim 4] The positive lens of the four lenses of the aforementioned 2nd group optical system most located in a body side is a zoom lens according to claim 2 or 3 characterized by being the aspheric surface of the configuration to which positive refractive power becomes weak as the lens side by the side of a body separates from an optical axis.

[Translation done.]

THIS PAGE BLANK (USPTO)

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] this invention relates to a zoom lens suitable as a small wide angle zoom lens which has the telecentric nature for a digital still camera and video cameras which starts the optical system of a zoom lens, especially uses a solid state image pickup device for a photo detector.

[0002]

[Description of the Prior Art] In the so-called video camera which pictures an animation, solid state image pickup devices, such as CCD (charge-coupled device) or MOS (metal oxide semiconductor), are used as a photo detector for an image pick-up from the former. Furthermore, the spread of a digital still camera or the cameras of the type which is only called a digital camera etc., pictures a photographic subject image by the solid state image pickup device, obtains the image data of a photographic subject's static image (still picture), and is recorded on IC (integrated circuit) card or a video floppy disk in digital one is remarkable in recent years. There is some digital camera which can picture not only a static image but a dynamic image (movie picture).

[0003] By the way, it is required for the optical system of the camera which used solid state image pickup devices, such as such CCD, that the exit-pupil position should fully have estranged from the image surface. This is based on the following reasons. That is, since the color filter of a solid state image pickup device exists in the position a little distant from the image pick-up side, when the flux of light carries out incidence from across, substantial aperture efficiency falls. Moreover, seldom changing ***** of the crystal filter for preventing the moire phenomenon resulting from the periodic structure of a solid state image pickup device on the outskirts a shaft top is called for.

[0004] Moreover, especially, by the latest high sensitivity type small solid state image pickup device, a thing with a micro-lens array is just before an image pick-up side, and if the exit pupil has not fully estranged from the image surface in such a case, aperture efficiency will fall on the outskirts. The zoom lens which performs variable power is well known as the so-called 2 group zoom by arranging the 1st lens group which has negative refractive power, and the 2nd lens group which has positive refractive power, consisting of body sides one by one, toward an image side, and changing the interval of the group of these 1st lens group and the 2nd lens group. Much of such 2 group zoom does not have a desirable exit-pupil position for becoming close to the image surface and applying to the camera using solid state image pickup devices, such as CCD.

[0005] Then, behind the 2nd lens group, by arranging the fixed lens group or move lens group which has positive refractive power, it is possible to keep away an exit-pupil position from the image surface, and many zoom lenses are proposed. Thus, the example of the zoom lens which arranged the lens group which has positive refractive power behind the 2nd lens group is indicated by JP,3-20735,B, JP,7-52256,B, JP,6-94996,A, etc. However, the zoom lens indicated by JP,3-20735,B, JP,7-52256,B, etc. is designed mainly for single lens reflex camera (single lens reflex camera type) still cameras.

[0006] For this reason, with the composition indicated by these Japanese Patent Publication No.

No. 20735 [three to] official report, and JP,7-52256,B, the positive refractive power of the 3rd lens group is very weak, and cannot fully keep away an exit pupil from the image surface. Moreover, without making it move into variable power, it fixed to the mid-position of the 1st lens group and the 2nd lens group, and the zoom lens indicated by JP,6-94996,A arranges the drawing position, in order to keep away an exit-pupil position from the image surface. the [for this reason, / the 1st lens group and] -- restrictions are received in movement of 2 lens groups, and the variable power ratio remains in double-precision weakness

[0007]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] In order that these people may cope with the problem mentioned above, the about 3-time variable power ratio was obtained, and moreover they could make the exit-pupil position fully estrange from the image surface, and have proposed the bright wide angle zoom lens suitable for a small digital still camera etc. until now. For example, the example of such a zoom lens is indicated by Japanese Patent Application No. No. 14308 [nine to] etc. On the other hand, the latest digital still camera tends to pursue high definition-ization, and the smallness [picture] of distortion has also become one of the important quality items in a high definition-ized-oriented digital still camera. The zoom lens indicated by Japanese Patent Application No. No. 14308 [nine to] mentioned above does not have enough amendment of distortion aberration, and it is thought that it is unsuitable for the digital still camera of a high-definition inclination [recently].

[0008] Then, these people suppressed distortion aberration further and proposed Japanese Patent Application No. No. 269170 [nine to] as a bright wide angle zoom lens it was made to fit a digital still camera etc. However, although the commercial scene of the present digital still camera maintains the height of picture quality, it is most important for it to attain low-cost-ization. In such a viewpoint, the zoom lens of a Japanese Patent Application No. [No. 269170 / nine to] publication consists of nine lenses, and it is hard to say that the demand of low-cost-izing is fully met from the lens number of sheets.

[0009] this invention was made in view of the situation mentioned above, can obtain 3 times or the variable power ratio beyond it, can make an exit-pupil position fully able to estrange from the image surface, moreover can suppress distortion aberration, moreover is small and aims at offering the zoom lens which can be constituted as a suitable bright wide angle zoom lens for the digital still camera which can be manufactured by aberration by the low cost few. Especially the purpose of the claim 1 of this invention has little lens number of sheets to need, and moreover is small, and aberration is to offer the zoom lens amended good.

[0010] The purpose of the claim 2 of this invention is about the aberration generated by the 2nd lens group to offer an amendment zoom lens effectively while it is constituted from few lens number of sheets and makes a lens outer diameter small especially. Furthermore, especially the purpose of the claim 3 of this invention is to offer the zoom lens which can amend the negative distortion aberration which increases by the short focal distance side. The purpose of the claim 4 of this invention is further again to offer the zoom lens which can prevent that it becomes insufficient especially amending spherical aberration.

[0011]

[Means for Solving the Problem] The zoom lens concerning this invention indicated to the claim 1 In order to attain the purpose mentioned above, it goes to an image side from a body side. one by one The 3rd group optical system which has the 1st group optical system which has negative refractive power, the 2nd group optical system which has positive refractive power, and positive refractive power is arranged. While preparing the aperture diaphragm which moves to this 2nd group optical system and one at the time of zooming in the body side of the aforementioned 2nd group optical system, zooming from a wide angle edge to a tele edge is faced. the aforementioned 1st group optical system By moving an optical-axis top to an image side first, and reversing the move direction to a body side on the way, it moves to an image side at the convex arc of a convex, and change of a focal position is amended. the aforementioned 2nd group optical system An optical-axis top is moved to a body side in monotone, and variable power is performed. and the aforementioned 3rd group optical system By carrying out body side HE movement of the optical-axis top first, and reversing the move direction to an image side on

the way the synthetic focal distance of the whole system [in / f_M and a wide angle edge / it moves to the convex arc of a convex, and variable power. is performed to a body side, and / for the focal distance of the Mth group optical system ($M=1-3$)] -- f_W ** -- the time of carrying out -- these -- condition: (1) $2.62 < |f_1| / f_W < 2.72$ ($f_1 < 0$)

(2) $f_3 / f_W < 3.4$ (3) $0.57 < f_2 / f_3 < 0.65$ ($f_2 > 0, f_3 > 0$)

It is characterized by carrying out ** satisfactory.

[0012] The zoom lens concerning this invention indicated to the claim 2 The negative lens of the shape of a meniscus by which the aforementioned 1st group optical system turned the convex to the body side one by one toward the image side from the body side, Two lenses which come to arrange the meniscus-like positive lens which turned the convex to the body side are included. and moreover, the aforementioned 2nd group optical system The positive lens which turned the refracting interface strong against a body side one by one toward the image side from the body side, the meniscus-like positive lens which turned the convex to the body side, and the meniscus-like negative lens which turned the convex to the body side -- and -- and it is characterized by including four lenses which come to arrange the meniscus-like positive lens which turned the convex to the image side

[0013] The meniscus-like negative lens of the two lenses of the aforementioned 1st group optical system most located in a body side is characterized by negative refractive power considering as the aspheric surface of the configuration which becomes weak by the zoom lens concerning this invention indicated to the claim 3 as the lens side by the side of an image separates from an optical axis. The positive lens of the four lenses of the aforementioned 2nd group optical system most located in a body side is characterized by positive refractive power considering as the aspheric surface of the configuration which becomes weak by the zoom lens concerning this invention indicated to the claim 4 as the lens side by the side of a body separates from an optical axis.

[0014]

[Function] Namely, the zoom lens by the claim 1 of this invention The 1st group optical system which has negative refractive power one by one toward an image side from a body side, While preparing the aperture diaphragm which arranges the 3rd group optical system which has the 2nd group optical system and the positive refractive power which have positive refractive power, and moves to the body side of the aforementioned 2nd group optical system at this 2nd group optical system and one at the time of zooming Zooming from a wide angle edge to a tele edge is faced. the aforementioned 1st group optical system By moving an optical-axis top to an image side first, and reversing the move direction to a body side on the way, it moves to an image side at the convex arc of a convex, and change of a focal position is amended. the aforementioned 2nd group optical system It considers as the composition which moves to the convex arc of a convex and performs variable power to a body side by the aforementioned 3rd group optical system's carrying out body side HE movement of the optical-axis top first, and reversing the move direction to an image side on the way by moving an optical-axis top to a body side in monotone, and performing variable power.

[0015] and the synthetic focal distance of the whole system [in / f_M and a wide angle edge / for the focal distance of the Mth group optical system ($M=1-3$)] -- f_W ** -- the time of carrying out -- these -- condition: (1) $2.62 < |f_1| / f_W < 2.72$ ($f_1 < 0$)

(2) $f_3 / f_W < 3.4$ (3) $0.57 < f_2 / f_3 < 0.65$ ($f_2 > 0, f_3 > 0$)

It constitutes so that it may carry out ** satisfactory. Movement magnitude of the 2nd group is lessened, it can be small and high variable power can be made to be able to make assistance of variable power able to bear, making the power burden of the 2nd group optical system mitigate, and to realize by such composition, by carrying out both-way movement of the 3rd group optical system. By making the range of the focal distance of the 1st group optical system into the range of conditions (1) especially, a zoom lens is miniaturized and aberration is lessened.

[0016] Moreover, by making positive refractive power of the 3rd group optical system into the range of conditions (2), an exit-pupil position is made to estrange from the image surface, and tele cent rucksack nature is given. in spite of being few lens number of sheets furthermore by making distribution of the positive refractive power of the 2nd group optical system and the 3rd

group optical system into the range of conditions (3) -- small -- aberration -- good -- an amendment -- things are made Therefore, while being able to obtain 3 times or the variable power ratio beyond it and being able to make an exit-pupil position fully estrange from the image surface by few lens number of sheets, distortion aberration can be suppressed, it is small and aberration is able to constitute as a few suitable bright wide angle zoom lens for a digital still camera etc.

[0017] As for the zoom lens by the claim 2 of this invention, the aforementioned 1st group optical system goes to an image side from a body side. It has two lenses which come to arrange the meniscus-like negative lens which turned the convex to the body side, and the meniscus-like positive lens which turned the convex to the body side one by one. And the positive lens to which the aforementioned 2nd group optical system turned the refracting interface strong against a body side one by one toward the image side from the body side, It has four lenses which come to arrange the meniscus-like positive lens which turned the convex to the body side, the meniscus-like negative lens which turned the convex to the body side, and the meniscus-like positive lens which turned the convex to the body side. While constituting a zoom lens from few lens number of sheets and making a lens outer diameter small especially by such composition, the aberration generated by the 2nd lens group is amended effectively.

[0018] The zoom lens by the claim 3 of this invention makes the lens side by the side of the image of the meniscus-like negative lens of the two lenses of the aforementioned 1st group optical system most located in a body side the aspheric surface of the configuration to which negative refractive power becomes weak as it separates from an optical axis. By such composition, the negative distortion aberration which increases by the short focal distance side especially is amended effectively. The zoom lens by the claim 4 of this invention makes the lens side by the side of the body of the positive lens of the four lenses of the aforementioned 2nd group optical system most located in a body side the aspheric surface of the configuration to which positive refractive power becomes weak as it separates from an optical axis. By such composition, it prevents that it becomes insufficient especially amending spherical aberration.

[0019] [The gestalt of implementation of the 1st of invention] Hereafter, based on the gestalt of operation, the zoom lens of this invention is explained in detail with reference to a drawing. Drawing 1 shows the composition of the important section of the zoom lens concerning the gestalt of operation of the 1st of this invention. (a) of drawing 1 shows the lens composition in the state where this zoom lens was set as the wide angle edge of zooming, and (b) of drawing 1 shows the lens composition in the state where this zoom lens was set as the tele edge of zooming.

[0020] 3rd lens group [which it reaches 2nd lens group G2 and is the 3rd group optical system] G3 whose zoom lens shown in drawing 1 is the 1st lens group G1 and the 2nd group optical system which are the 1st group optical system one by one toward a photographic subject, i.e., body, side to an image side is arranged, the 1st lens group G1 consists of two lenses L1 and L2, and constitutes the 2nd lens group G2 from four lenses L3, L4, L5, and L6 -- having -- the [and] -- 3 lens groups G3 consists of one lens L7

[0021] Aperture-diaphragm S is arranged between the body sides G1 of the 2nd lens group G2, i.e., this 2nd lens group G2 and the 1st lens group. The filter F of 3rd lens group G3 with which it comes to put a low pass filter (LPF) L8 and the infrared light cut-off filter (IRCF) L9 together is further formed between the image surfaces at the image side. That is, optical elements L1-L7 are lenses, and optical elements L8 and L9 are light filters. The 1st lens group G1 which consists of lenses L1 and L2 has negative refractive power. The 2nd lens group G2 which consists of lenses L3-L6 has positive refractive power. 3rd lens group G3 which consists of a lens L7 has positive refractive power.

[0022] As shown in drawing 1 on the occasion of zooming of tele edge HE from a wide angle edge, the 1st lens group G1 carries out image side HE movement of the optical-axis top first, reverses the move direction from the middle, and moves to a body side. The 1st lens group G1 amends the change of a focal position for [edge / wide angle] zooming of tele edge HE in this way by drawing the locus of a convex arc of a convex and moving to an image side. The 2nd lens

group G2 moves an optical-axis top to a body side in monotone on the occasion of zooming of tele edge HE from a wide angle edge. 3rd lens group G3 carries out body side HE movement of the optical-axis top first on the occasion of zooming of tele edge HE from a wide angle edge, reverses the move direction from the middle, and moves to an image side.

[0023] In this way, 3rd lens group G3 draws the locus of a convex arc of a convex, and moves to a body side. It reaches 2nd lens group G2 and zooming of tele edge HE is performed from a wide angle edge by these variable power operation by movement of 3rd lens group G3. Thus, by making the convex arc of a convex carry out both-way movement of 3rd lens group G3 at a body side, assistance of variable power is made to bear, making the power burden of the 2nd lens group G2 mitigate, and movement magnitude of the 2nd lens group G2 is lessened, and it is small and makes it possible to make high variable power realize.

[0024] Aperture-diaphragm S located in the body side of the 2nd lens group G2 moves to the 2nd lens group G2 and one. Therefore, movement of the 2nd lens group G2 is not barred by aperture-diaphragm S. The above 1st the 3rd lens group G1 - G3 the focal distance of the 1st lens group G1 f_1 , the focal distance of the 2nd lens group G2 -- the [f_2 and] -- the focal distance of 3 lens groups G3 -- f_3 , the [i.e.,], -- the focal distance of M lens groups (M=1-3) -- f_M -- the synthetic focal distance of the whole system [in / a wide angle edge / it carries out and] -- f_W -- when carrying out, it is constituted so that each following conditions may be satisfied

[0025] Condition (1): $2.62 < |f_1| / f_W < 2.72$ ($f_1 < 0$)

Conditions (2)

$f_3 / f_W < 3.4$ conditions (3)

$0.57 < f_2 / f_3 < 0.65$ ($f_2 > 0, f_3 > 0$)

Conditions (1) miniaturize a zoom lens and are the focal distance f_1 of the 1st lens group G1 of an amendment sake good about aberration. They are the conditions which regulate the range. At under the minimum of conditions (1), although it is advantageous to the miniaturization of the lens whole system, since the negative refractive power of the 1st lens group G1 becomes strong too much and many aberration, such as spherical aberration, gets worse, it is not desirable. moreover -- if the upper limit of conditions (1) is exceeded -- aberration -- good -- an amendment -- although things are made, it becomes difficult to miniaturize the lens whole system

[0026] Conditions (2) are conditions which regulate the positive refractive power of 3rd lens group G3. If the upper limit of conditions (2) is exceeded, the positive refractive power of 3rd lens group G3 will become inadequate, an exit-pupil position will approach the image surface, and tele cent rucksack nature will be lost. Conditions (3) are conditions which regulate distribution of the refractive power of the 2nd lens group G2 and 3rd lens group G3 which both have positive refractive power. this condition (3) -- the [the 2nd lens group G2 and] -- 3 lens groups G3 -- few composition number of sheets -- carrying out -- moreover -- a miniaturization -- easy -- carrying out -- in addition -- and it is the thing of an amendment sake good about aberration

[0027] since the refractive-power burden which is the 2nd lens group G2 in order for the refractive power of 3rd lens group G3 to become inadequate, and for the effect of this 3rd lens group G3 to decrease and to compensate the refractive power of 3rd lens group G3 under with the minimum of conditions (3) becomes excessive, spherical aberration gets worse and the flat nature of an image also becomes bad, it is not desirable although the refractive-power burden of the 2nd lens group G2 will be mitigated, spherical aberration will become good and the flat nature of an image will also become good, since the refractive-power burden of 3rd lens group G3 is large, if the upper limit of conditions (3) is exceeded -- the [the negative refractive power of the 1st lens group G1, and] -- it agrees also in the inclination for both positive refractive power of 2 lens groups G2 to become weak, and achievement of a miniaturization of the whole system becomes difficult (The above corresponds to the claim 1 of this invention.)

[0028] As shown in drawing 1, the 1st lens group G1 consisted of a meniscus-like negative lens L1 which turned the convex to the body side, and a meniscus-like positive lens L2 which turned the convex to the body side, and arranges these two lenses L1 and L2 in order of L1-L2 one by one toward an image surface side from the body side. Moreover, the 2nd lens group G2 consists

of the positive lens L3 which turned the refracting interface strong against a body side, a meniscus-like positive lens L4 which turned the convex to the body side, a meniscus-like negative lens L5 which turned the convex to the body side, and a meniscus-like positive lens L6 which turned the convex to the image side. These four lenses L3-L6 are arranged in order of L3-L4-L5-L6 one by one toward an image side from the body side.

[0029] The whole was constituted from few lens number of sheets, and moreover, in order to make a lens outer diameter small, the negative lens L1 which constitutes the 1st lens group G1 is arranged to the body side. And generating of spherical aberration is first suppressed for the spherical aberration generated by the 2nd lens group G2, comatic aberration, and astigmatism as much as possible by the positive lenses L3 and L4 of two sheets at an amendment sake, positive refractive power is acquired as a whole, following it, it supposes that amendment is superfluous at a negative lens L5, and the field angle difference of each aberration is equalized by the positive lens L6 which continues further. (The above corresponds to the claim 2 of this invention.)

[0030] The meniscus-like negative lens L1 which turned the convex to the body side of the 1st lens group G1 arranged most at a body side forms the lens side by the side of an image in the aspheric surface of the configuration to which negative refractive power becomes weak as it separates from an optical axis. Thus, the negative distortion aberration which increases especially by the short focal distance side is amended by forming the aspheric surface of the configuration to which negative refractive power becomes weak as the lens side by the side of the image of the negative lens L1 of the shape of a meniscus by the side of a body separates from an optical axis most of the 1st lens group G1. (The above corresponds to the claim 3 of this invention.)

[0031] The positive lens L3 which turned the refracting interface strong against the body side of the 2nd lens group G2 arranged most at a body side forms the lens side by the side of a body in the aspheric surface of the configuration to which positive refractive power becomes weak as it separates from an optical axis. Thus, it has prevented that it mainly becomes insufficient amending spherical aberration by forming the aspheric surface of the configuration to which positive refractive power becomes weak as the lens side by the side of the body of the positive lens L3 of the 2nd lens group G2 which is in a body side most separates from an optical axis. (The above corresponds to the claim 4 of this invention.)

[0032]

[0033]

[The 1st example] Next, the concrete data of the zoom lens of the 1st example concerning the form of the 1st operation mentioned above are shown in Table 1 - 3. Table 1 is lens data of the optical system which constitutes a zoom lens, Table 2 is data of the aspheric surface and Table 3 is data of the good variate of a variable part. When this zoom lens makes the focal distance of the whole system to f and makes [the f number] ω and image quantity Y' for $F/No.$ and a half-field angle, it is $f=5.6-16.8\text{mm}$, $F/No.=2.8-5.1$, $\omega=32.2-11.7\text{deg}$, and $Y'=3.47$, respectively. The field number from the body side of the optical surface which constitutes optical system i ($i=1-18$), A spacing with the optical surface (optical surface which adjoins an image side) of r_i and consecutiveness for the radius of curvature of each optical surface d_i , an optical-element number — j (that is, each optical element is expressed with L_j (natural number of $j=1-10$)), and optical element L_j the refractive index of an optical material — n_j and optical element L_j the Abbe number of an optical material — ν_j — it carries out and the lens data of the optical system which constitutes a zoom lens are shown in Table 1

[0034]

[Table 1]

i	r_i	d_i	j	n_j	ν_j
1	29.603	0.80	1	1.69350	53.20
2	5.016	2.78			
3	8.837	1.67	2	1.84666	26.10
4	14.184	(可変)			
5	(絞り)	0.50			
6	15.554	1.35	3	1.69350	53.20
7	-53.667	0.10			
8	5.797	1.41	4	1.69680	55.50
9	24.218	0.29			
10	21.538	1.45	5	1.84666	26.10
11	4.512	0.94			
12	-33.192	1.09	6	1.51680	64.20
13	-9.840	(可変)			
14	14.035	1.76	7	1.48749	70.40
15	-34.542	(可変)			
16	0.000	2.00	8	1.51680	64.20
17	0.000	1.10	9	1.54072	47.20
18	0.000				

[0035] radius of curvature r_i of Table 1 "0.000" which can be set -- the notation -- radius of curvature r_i It means that it is infinity (infinity) and it is shown that the optical surface concerned is a flat surface. Therefore, both sides 16, 17, and 18 of the optical elements L8 and L9 which constitute Filter F are flat surfaces, and both [these] the optical elements L8 and L9 are densely joined in respect of 17.

[0036] Table 1 -- setting -- the 2nd optical surface 2 and the 6th optical surface 6, the [i.e.,], -- the [the lens side 2 by the side of the image of the negative lens L1 of the shape of a meniscus of 1 lens group G1 arranged most at a body side, and] -- the lens side 6 by the side of the body of the positive lens L3 of 2 lens groups G2 arranged most at a body side is made into the aspheric surface When the aspheric surface makes an optical axis agree, makes an optical axis and a Z coordinate shaft cross at right angles and takes a Y coordinate like common knowledge, it is the curved surface which is made to rotate the curve which r and a cone constant are expressed with K and expressed with several 1 in the radius of curvature on an optical axis considering a high order aspheric surface coefficient as A , B , and C around an optical axis, and is obtained.

[0037]

[Equation 1]

$$Z = \frac{(1/r) \times Y^2}{1 + \sqrt{1 - (1+K) (Y/r)^2}} + AY^4 + BY^6 + CY^8$$

That is, the aspheric surface specifies a configuration by giving and defining each parameter of the radius of curvature r on an optical axis, the cone constant K and a high order aspheric surface coefficient A , and B and C as the formula of the several 1 aspheric surface.

[0038] It follows. The 2nd optical surface 2 in Table 1, the lens side 2 by the side of the image of the meniscus-like negative lens L1 which was got blocked and turned the convex to the body side of the 1st lens group G1 arranged most at a body side and the 6th optical surface 6 in Table 1, and a refracting interface strong against the body side of the 2nd lens group G2 of jamming

arranged most at a body side The lens side 6 by the side of the body of the turned positive lens L3 is formed in the radius of curvature r on the optical axis shown in Table 2, the cone constant K and a high order aspheric surface coefficient A , and the aspheric surface defined by each parameter of B and C .

[0039]

[Table 2]

	K	A	B	C
r_2	-0.48910	-1.17784E-4	4.42787E-6	-2.03162E-7
r_6	-2.30557	-5.51748E-5	-2.74870E-6	-8.10602E-8

[0040] It sets to Table 1 and is Spacing d_i . The 4th optical surface 4 made "adjustable", the 13th optical surface 13, and the 15th optical surface 15, It changes, as the spacing d_4 with the following optical surfaces (field number) 5, 14, and 16, d_{13} and d_{15} , the wide angle edge whose focal distance f of the whole system is 5.60mm, the middle focal distance whose focal distance f is 9.70mm, and a focal distance f are shown in Table 3 in the tele edge which is 16.80mm.

[0041]

[Table 3]

f	5. 6 0	9. 7 0	1 6. 8 0
d_4	1 6. 1 8	6. 5 1	1. 6 0
d_{13}	2. 2 6	6. 9 5	1 6. 6 4
d_{15}	1. 0 0	1. 3 3	0. 7 1

[0042] The distance from the 1st optical surface of the lens overall length in the wide angle edge in this case, i.e., optical system, to the image surface is 40.06mm. The aberration view in this 1st example is shown in drawing 2 - drawing 4. Drawing 2 is an aberration view [in / a tele edge / a wide angle edge and drawing 3, and / in drawing 4]. / a middle focal distance In addition, in the aberration view, in spherical aberration and SC, sine condition and Ast show astigmatism and Dist shows [SA] distortion aberration. "d" in each aberration view shows the aberration over d line, and "g" shows the aberration over g line. The solid line shows the sagittal ray and the dashed line shows [in / the astigmatic view / in a spherical-aberration view, are a solid line about spherical aberration, and a dashed line shows sine condition, respectively, and] the meridional beam of light, respectively. According to drawing 2 - drawing 4, also in any of the wide angle edge in a zoom region, a middle focal distance, and a tele edge, aberration is amended good and it was checked that a performance is good.

[0043]

[The gestalt of implementation of the 2nd of invention] Drawing 5 shows the composition of the important section of the zoom lens concerning the gestalt of operation of the 2nd of this invention. (a) of drawing 5 shows the lens composition in the state where this zoom lens was set as the wide angle edge of zooming, and (b) of drawing 5 shows the lens composition in the state where this zoom lens was set as the tele edge of zooming. 3rd lens group G3[whose zoom lenses shown in drawing 5 are 1st lens group G1' which is the 1st group optical system one by one toward a photographic subject, i.e., body, side to an image side, and the 2nd group optical system / which it lens / 2nd / group G2' reaches, and is the 3rd group optical system] ' is arranged.

[0044] 1st lens group G1' consists of two lens L1' and L2', and 2nd lens group G2' consists of four lens L3', L4', L5', and L6' — having — the [and] — 3 lens groups G3' consists of one lens L7' the body side of 2nd lens group G2', the [i.e.,], — aperture-diaphragm S is arranged between 1 lens group G1' The filter F with which it comes to put together the completely same low pass filter L8 and completely same infrared light cut-off filter L9 as a case of the gestalt of the 1st operation of 3rd lens group G3' which are shown in an image side between the image surfaces at drawing 1 is formed further. That is, optical-element L1' - L7' is a lens, and optical

elements L8 and L9 are light filters.

[0045] In addition, in drawing 5, although the sign of each spacing is omitted, it is the same as the sign given to drawing 1. 1st lens group G1' which consists of lens L1' and L2' has negative refractive power. 2nd lens group G2' which consists of lens L3'–L6' has positive refractive power. 3rd lens group G3' which consists of lens L7' has positive refractive power. 1st lens group G1' carries out image side HE movement of the optical-axis top first on the occasion of zooming of tele edge HE from a wide angle edge, reverses the move direction from the middle, and moves to a body side. 1st lens group G1' amends the change of a focal position for [edge / wide angle] zooming of tele edge HE in this way by drawing tracing of a convex arc of a convex and moving to an image side.

[0046] 2nd lens group G2' moves an optical-axis top to a body side in monotone on the occasion of zooming of tele edge HE from a wide angle edge. 3rd lens group G3' carries out body side HE movement of the optical-axis top first on the occasion of zooming of tele edge HE from a wide angle edge, reverses the move direction from the middle, and moves to an image side. In this way, 3rd lens group G3' draws tracing of a convex arc of a convex, and moves to a body side. It lens [2nd] group G2' Reaches, and zooming of tele edge HE is performed from a wide angle edge by these variable power operation by movement of 3rd lens group G3'. Thus, by making the convex arc of a convex carry out both-way movement of 3rd lens group G3' at a body side, assistance of variable power is made to bear, making the power burden of 2nd lens group G2' mitigate, and movement magnitude of 2nd lens group G2' is lessened, and it is small and makes it possible to make high variable power realize.

[0047] Aperture-diaphragm S located in the body side of 2nd lens group G2' moves to 2nd lens group G2' and one. Therefore, movement of 2nd lens group G2' is not barred by aperture-diaphragm S. above 1st 3rd lens group G1' – G3' -- the case of the gestalt of the 1st operation -- the same -- the focal distance of the Mth lens group ($M=1-3$) -- f_M ** -- synthetic focal distance f_W of the whole system [in / a wide angle edge / it carries out and] ** -- when carrying out, it is constituted so that condition (1) – (3) mentioned above may be satisfied

[0048] As shown in drawing 5, 1st lens group G1' consisted of meniscus-like negative-lens L1' which turned the convex to the body side, and meniscus-like positive-lens L2' which turned the convex to the body side, and arranges these two lens L1' and L2' in order of L1'–L2' one by one toward an image surface side from the body side. Moreover, positive-lens L3' to which 2nd lens group G2' turned the refracting interface strong against a body side, Meniscus-like positive-lens L4' which turned the convex to the body side, meniscus-like negative-lens L5' which turned the convex to the body side, And it consisted of meniscus-like positive-lens L6' which turned the convex to the image side, and these four lens L3' – L6' is arranged in order of L3'–L4'–L5'–L6' one by one toward an image side from the body side.

[0049] Negative-lens L1' of the shape of a meniscus of 1st lens group G1' arranged most at a body side forms the lens side 2 by the side of an image in the aspheric surface of the configuration to which negative refractive power becomes weak as it separates from an optical axis. Positive-lens L3' of 2nd lens group G2' arranged most at a body side forms the lens side 6 by the side of a body in the aspheric surface of the configuration to which positive refractive power becomes weak as it separates from an optical axis.

[0050]

[The 2nd example] Next, the concrete data of the zoom lens of the 2nd example concerning the gestalt of the 2nd operation mentioned above are shown in Table 4 – 6. Table 4 is lens data of the optical system which constitutes a zoom lens, Table 5 is data of the aspheric surface and Table 6 is data of the good variate of a variable part. this zoom lens -- the focal distance of $f=5.6-16.8\text{mm}$ of the whole system, and f number $F/\text{No.}=2.8-5.1$ -- half--- it is field angle $\omega=32.2-11.8\text{deg}$ and image quantity $Y'=3.47$

[0051]

[Table 4]

i	r_i	d_i	j	n_j	ν_j
1	25.466	0.80	1	1.80610	40.70
2	5.000	1.95			
3	8.177	1.93	2	1.84666	23.80
4	15.924	(可変)			
5	(絞り)	0.50			
6	16.168	1.39	3	1.74330	49.30
7	-25.589	0.10			
8	4.761	1.32	4	1.67790	55.50
9	9.462	0.43			
10	12.462	0.80	5	1.84666	23.80
11	4.005	1.04			
12	-16.681	1.05	6	1.48749	70.40
13	-8.395	(可変)			
14	14.458	1.91	7	1.48749	70.40
15	-23.690	(可変)			
16	0.000	2.00	8	1.51680	64.20
17	0.000	1.10	9	1.54072	47.20
18	0.000				

[0052] the 2nd optical surface 2 in Table 4, the [i.e.,], — the lens side 2 by the side of the image of negative-lens L1' of the shape of MENISUKA of 1 lens group G1' arranged most at a body side and the 6th optical surface 6 in Table 4, the [i.e.,], — the lens side 6 by the side of the body of positive-lens L3' of 2 lens groups G2' arranged most at a body side It is formed in the radius of curvature r on the optical axis shown in Table 5, the cone constant K and a high order aspheric surface coefficient A , and the aspheric surface defined by each parameter of B and C .

[0053]

[Table 5]

	K	A	B	C
r_2	-0.51816	-4.55330E-5	5.23933E-6	-1.75866E-7
r_6	-2.59597	-5.94777E-5	-3.79326E-6	-6.68516E-8

[0054] It sets to Table 1 and is Spacing d_i . The spacing with the next optical surfaces (field number) 5, 14, and 16 of the 4th optical surface 4 made "adjustable", the 13th optical surface 13, and the 15th optical surface 15 changes, as the wide angle edge whose focal distance f of the whole system is 5.60mm, the middle focal distance whose focal distance f is 9.70mm, and a focal-distance f are shown in Table 6 in the tele edge which is 16.81mm.

[0055]

[Table 6]

f	5.60	9.70	16.81
d_4	15.65	6.23	1.60
d_{13}	2.02	6.39	16.07
d_{15}	1.00	1.50	1.01

[0056] The distance from the 1st optical surface 1 of the lens overall length in the wide angle

edge in this case, i.e., optical system, to the image surface is 38.06mm. The aberration view in this 2nd example is shown in drawing 6 - drawing 8. Drawing 6 is an aberration view [in / a tele edge / a wide angle edge and drawing 7, and / in drawing 8]. / a middle focal distance According to drawing 6 - drawing 8, also in any of the wide angle edge in a zoom region, a middle focal distance, and a tele edge, aberration is amended good and it was checked that a performance is good.

[0057]

[The gestalt of implementation of the 3rd of invention] Drawing 9 shows the composition of the important section of the zoom lens concerning the gestalt of operation of the 3rd of this invention. (a) of drawing 9 shows the lens composition in the state where this zoom lens was set as the wide angle edge of zooming, and (b) of drawing 9 shows the lens composition in the state where this zoom lens was set as the tele edge of zooming. the 1st whose zoom lens shown in drawing 9 is the 1st group optical system one by one toward an image side from a photographic subject, i.e., body, side -- the 2nd which is lens group G1'' and the 2nd group optical system -- the [lens group G2'' and] -- 3rd lens group G3'' which is 3 group optical system is arranged [0058] the -- one -- a lens -- a group -- G -- one -- " -- two -- a sheet -- a lens -- L -- one -- " -- and -- L -- two -- " -- constituting -- having -- the -- two -- a lens -- a group -- G -- two -- " -- four -- a sheet -- a lens -- L -- three -- " -- L -- four -- " -- L -- five -- " -- and -- L -- six -- " -- constituting -- having -- the -- 3 lens the 2nd -- a lens group G2'' body side, i.e., the 1st, -- aperture-diaphragm S is arranged between lens group G1'' The filter F with which it comes to put the still more nearly same low pass filter L8 as **** between the image surfaces to an image side and the infrared light cut-off filter L9 of 3rd lens group G3'' together is formed. That is, an optical element L1 "-L7" is a lens, and optical elements L8 and L9 are light filters. 1st lens group G1'' which consists of lens L1'' and L2'' has negative refractive power. A lens L3 "the 2nd lens group G2 which consists of -L7"" has positive refractive power. 3rd lens group G3'' which consists of lens L7'' has positive refractive power. [0059] the 1st -- lens group G1'' -- zooming of a wide angle edge to tele edge HE -- facing -- an optical-axis top -- first -- image side HE movement -- carrying out -- on the way -- the shell move direction is reversed and it moves to a body side the 1st -- the change of a focal position for [edge / wide angle] zooming of tele edge HE by drawing tracing of a convex arc of a convex on an image side in this way lens group G1'', and moving -- an amendment the 2nd -- lens group G2'', an optical-axis top is moved to a body side in monotone on the occasion of zooming of tele edge HE from a wide angle edge 3rd lens group G3'' carries out body side HE movement of the optical-axis top first on the occasion of zooming of tele edge HE from a wide angle edge, reverses the move direction from the middle, and moves to an image side. In this way, 3rd lens group G3'' draws tracing of a convex arc of a convex, and moves to a body side. these [2nd] -- the [lens group G2'' and] -- zooming of tele edge HE is performed from a wide angle edge by variable power operation by movement of 3 lens groups G3''

[0060] thus, the thing made for the convex arc of a convex to carry out both-way movement of 3rd lens group G3'' at a body side -- the 2nd -- assistance of variable power is borne, making a lens group G2'' power burden mitigate -- making -- the 2nd -- lens group G2'' movement magnitude is lessened, and it is small and makes it possible to make high variable power realize the 2nd -- aperture-diaphragm S located in a lens group G2'' body side -- the 2nd -- it moves to lens group G2'' and one therefore, aperture-diaphragm S -- the 2nd -- movement of lens group G2'' is not barred the above 1st -- the 3rd lens group G1 "-G3" -- the case of the gestalt of the 1st and the 2nd operation -- the same -- the focal distance of the Mth lens group (M=1-3) -- fM ** -- synthetic focal distance fW of the whole system [in / a wide angle edge / it carries out and] ** -- when carrying out, it is constituted so that condition (1) - (3) mentioned above may be satisfied

[0061] it is shown in drawing 9 -- as -- the 1st lens group G -- it consisted of negative-lens L1'' of the shape of a meniscus which turned the convex to the body side, and positive-lens L2'' of the shape of a meniscus which turned the convex to the body side, and lens L1'' of these two sheets and 1'' L2'' are arranged in L1 "-L2" order one by one toward an image surface side from the body side moreover, the 2nd -- positive-lens L which turned the refracting interface strong

against a body side lens group G2" — 3" Positive-lens L4" of the shape of a meniscus which turned the convex to the body side, negative-lens L5" of the shape of a meniscus which turned the convex to the body side, And it consisted of positive-lens L6" of the shape of a meniscus which turned the convex to the image side, and these four lenses L3"—L6" are arranged in L3"—L4"—L5"—L6" order one by one toward an image side from the body side.

[0062] the 1st — negative-lens L1" of the shape of a lens group G1" meniscus arranged most at a body side is formed in the aspheric surface of the configuration to which it is alike, and it follows and negative refractive power becomes weak which separates the lens side 2 by the side of an image from an optical axis the 2nd — lens group G2" positive-lens L3" arranged most at a body side, the lens side 6 by the side of a body is formed in the aspheric surface of the configuration to which it is alike, and it follows and positive refractive power becomes weak which separates from an optical axis

[0063]

[The 3rd example] Next, the concrete data of the zoom lens of the 3rd example concerning the gestalt of the 3rd operation mentioned above are shown in Table 7 – 9. Table 7 is lens data of the optical system which constitutes a zoom lens, Table 8 is data of the aspheric surface and Table 9 is data of the good variate of a variable part. this zoom lens — the focal distance of $f=5.6-16.8\text{mm}$ of the whole system, and f number $F/\text{No.}=2.8-5.0$ — half — it is field angle $\omega=32.2-11.7\text{deg}$ and image quantity $Y'=3.47$

[0064]

[Table 7]

i	r_i	d_i	j	n_j	ν_j
1	21. 792	0. 80	1	1. 74330	49. 30
2	5. 000	2. 71			
3	8. 197	1. 64	2	1. 84666	23. 80
4	12. 102	(可変)			
5	(絞り)	0. 50			
6	14. 117	1. 39	3	1. 69350	53. 20
7	-41. 970	0. 10			
8	5. 105	1. 31	4	1. 69680	55. 50
9	10. 232	0. 34			
10	10. 976	0. 93	5	1. 84666	23. 80
11	4. 122	1. 01			
12	-31. 053	1. 08	6	1. 48749	70. 40
13	-9. 990	(可変)			
14	15. 611	1. 74	7	1. 48749	70. 40
15	-28. 898	(可変)			
16	0. 000	2. 00	8	1. 51680	64. 20
17	0. 000	1. 10	9	1. 54072	47. 20
18	0. 000				

[0065] the 2nd optical surface 2 in Table 7, i.e., the 1st, — the lens side 2 by the side of a negative-lens L1" [of the shape of a lens group G1" meniscus arranged most at a body side] image and the 6th optical surface 6 in Table 7, i.e., the 2nd, — the lens side 6 by the side of a body with a positive-lens L3" of lens group G2" arranged most at a body side It is formed in the radius of curvature r on the optical axis shown in Table 8, the cone constant K and a high order aspheric surface coefficient A , and the aspheric surface defined by each parameter of B and C .

[Table 8]

	K	A	B	C
r_2	-0.45712	-7.34889E-5	4.72867E-6	-1.92517E-7
r_6	-2.08733	-4.40893E-5	-3.65895E-6	-7.36708E-8

[0067] It sets to Table 7 and is Spacing di. The spacing with the next optical surfaces (field number) 5, 14, and 16 of the 4th optical surface 4 made "adjustable", the 13th optical surface 13, and the 15th optical surface 15 changes, as the wide angle edge whose focal distance f of the whole system is 5.60mm, the middle focal distance whose focal distance f is 9.70mm, and a focal distance f are shown in Table 9 in the tele edge which is 16.80mm.

[0068]

[Table 9]

f	5. 6 0	9. 7 0	1 6. 8 0
d_4	1 5. 6 5	6. 3 0	1. 6 0
d_{13}	2. 4 0	6. 7 9	1 6. 4 5
d_{15}	1. 0 0	1. 5 0	1. 0 2

[0069] In this case, the distance from the 1st optical surface of the lens overall length in a wide angle edge, i.e., optical system, to the image surface is 39.08mm. The aberration view in this 3rd example is shown in drawing 10 – drawing 12. Drawing 10 is an aberration view [in / a tele edge / a wide angle edge and drawing 11, and / in drawing 12]. / a middle focal distance According to drawing 10 – drawing 12, also in any of the wide angle edge in a zoom region, a middle focal distance, and a tele edge, aberration is amended good and it was checked that a performance is good. Each parameter $|f_1|/f_W$ in the 1st mentioned above – the 3rd example, $f_3/2/f_3$, and an image quantity ratio: The distortion aberration DW (1.0) in the wide angle edge in 1.0 is shown in Table 10. [f_W and f_2]

[0070]

[Table 10]

	$ f_1 /f_W$	f_3/f_W	f_2/f_3	$D_W (1.0)$
第1の実施例	2. 7 2 3	3. 7 0	0. 6 0 4	- 1. 8 0 %
第2の実施例	2. 7 4 4	3. 4 5	0. 6 4 9	- 1. 5 8 %
第3の実施例	2. 6 2 6	3. 7 6	0. 5 7 8	- 1. 6 5 %

[0071] As mentioned above, according to the 1st of this invention – the 3rd example, a variable power ratio makes an exit-pupil position fully estrange from the image surface by 3 times, moreover, it is small, and aberration is amended good, and it can consider as a zoom lens with still less lens number of sheets which suppressed distortion aberration to 2% or less. Such a zoom lens can be constituted as a suitable bright wide angle zoom lens for a digital still camera etc.

[0072]

[Effect of the Invention] As stated above, according to the claim 1 of this invention, it goes to an image side from a body side. The 3rd group optical system which has the 1st group optical system which has negative refractive power, the 2nd group optical system which has positive refractive power, and positive refractive power one by one is arranged. While preparing the aperture diaphragm which moves to this 2nd group optical system and one at the time of zooming in the body side of the aforementioned 2nd group optical system, zooming from a wide angle edge to a tele edge is faced. the aforementioned 1st group optical system By moving an optical-axis top to an image side first, and reversing the move direction to a body side on the way, it moves to an image side at the convex arc of a convex, and change of a focal position is amended. the aforementioned 2nd group optical system It considers as the composition which

moves to the convex arc of a convex and performs variable power to a body side by the aforementioned 3rd group optical system's carrying out body side HE movement of the optical-axis top first, and reversing the move direction to an image side on the way by moving an optical-axis top to a body side in monotone, and performing variable power. and the synthetic focal distance of the whole system [in / fM and a wide angle edge / for the focal distance of the Mth group optical system (M=1-3)] -- fW ** -- the time of carrying out -- these -- condition:(1) $2.62 < |f1| / fW < 2.72$ ($f1 < 0$)

(2) $f3 / fW < 3.4(3)0.57 < f2 / f3 < 0.65$ ($f2 > 0, f3 > 0$)

By constituting so that it may carry out ** satisfactory, 3 times or the variable power ratio beyond it is obtained. Can make an exit-pupil position fully able to estrange from the image surface, and moreover can suppress distortion aberration, and moreover it is small and aberration is able to constitute as a few suitable bright wide angle zoom lens for a digital still camera etc. There is little lens number of sheets needed especially, and moreover it is small, and the zoom lens with which aberration was amended good can be offered.

[0073] According to the zoom lens of the claim 2 of this invention, the aforementioned 1st group optical system goes to an image side from a body side. It has two lenses which come to arrange the meniscus-like negative lens which turned the convex to the body side, and the meniscus-like positive lens which turned the convex to the body side one by one. And the positive lens to which the aforementioned 2nd group optical system turned the refracting interface strong against a body side one by one toward the image side from the body side, By composition which has four lenses which come to arrange the meniscus-like positive lens which turned the convex to the body side, the meniscus-like negative lens which turned the convex to the body side, and the meniscus-like positive lens which turned the convex to the image side especially few lens number of sheets -- a zoom lens -- constituting -- the [and] -- the aberration generated by the 2nd lens group while arranging the negative lens of the 1 group optical system to a body side and making a lens outer diameter small -- effective -- an amendment -- things are made

[0074] the negative distortion aberration which increases by the short focal distance side especially by composition which makes the lens side by the side of the image of the meniscus-like negative lens of the two lenses of the aforementioned 1st group optical system most located in a body side the aspheric surface of the configuration to which it is alike, and it follows and negative refractive power becomes weak which separates from an optical axis according to the zoom lens of the claim 3 of this invention -- effective -- an amendment -- things are made According to the zoom lens of the claim 4 of this invention, it can prevent that it becomes insufficient especially amending spherical aberration by composition which makes the lens side by the side of the body of the positive lens of the four lenses of the aforementioned 2nd group optical system most located in a body side the aspheric surface of the configuration to which positive refractive power becomes weak as it separates from an optical axis.

[Translation done.]

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the optical-system plot plan showing typically the arrangement composition of the optical system of the zoom lens concerning the gestalt of operation of the 1st of this invention.

[Drawing 2] It is the aberration view showing the spherical aberration in the wide angle edge of the zoom lens of the 1st example concerning the gestalt of the 1st operation shown in drawing 1, astigmatism, and distortion aberration.

[Drawing 3] It is the aberration view showing the 1st spherical aberration in a middle focal distance, astigmatism, and distortion aberration of a zoom lens of an example similarly.

[Drawing 4] It is the aberration view showing the 1st spherical aberration in a tele edge, astigmatism, and distortion aberration of a zoom lens of an example similarly.

[Drawing 5] It is the optical-system plot plan showing typically the arrangement composition of the optical system of the zoom lens concerning the gestalt of operation of the 2nd of this invention.

[Drawing 6] It is the aberration view showing the spherical aberration in the wide angle edge of the zoom lens of the 2nd example concerning the gestalt of the 2nd operation shown in drawing 5, astigmatism, and distortion aberration.

[Drawing 7] It is the aberration view showing the 2nd spherical aberration in a middle focal distance, astigmatism, and distortion aberration of a zoom lens of an example.

[Drawing 8] It is the aberration view showing the 2nd spherical aberration in a tele edge, astigmatism, and distortion aberration of a zoom lens of an example.

[Drawing 9] It is the optical-system plot plan showing typically the arrangement composition of the optical system of the zoom lens concerning the gestalt of operation of the 3rd of this invention.

[Drawing 10] It is the aberration view showing the spherical aberration in a wide angle edge, the astigmatism, and distortion aberration of a zoom lens of the 3rd example concerning the gestalt of the 3rd operation shown in drawing 9.

[Drawing 11] It is the aberration view showing the spherical aberration in a middle focal distance, the astigmatism, and distortion aberration of a zoom lens of the 3rd example.

[Drawing 12] It is the aberration view showing the spherical aberration in a tele edge, the astigmatism, and distortion aberration of a zoom lens of the 3rd example.

[Description of Notations]

G1, G1', G1'' The 1st lens group

G2, G2', G2'' The 2nd lens group

G3, G3', G3'' The 3rd lens group

1-15 Optical surface of a lens

16-18 Optical surface of a filter

S Aperture diaphragm

F Filter

L1-L7, L1'-L7', L1''-L7'' lens

L8 Low pass filter

L9 Infrared light cut-off filter
d1 -d17 Spacing

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-194274

(43) 公開日 平成11年(1999) 7月21日

(51) Int.Cl.⁸

識別記号

F I

G 0 2 B 15/20
13/18
13/22

G 0 2 B 15/20
13/18
13/22

審査請求 未請求 請求項の数4 F D (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願平10-10013

(22) 出願日 平成10年(1998) 1月5日

(71) 出願人 000006747

株式会社リコー

東京都大田区中馬込1丁目3番6号

(72) 発明者 小泉 博

東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式
会社リコー内

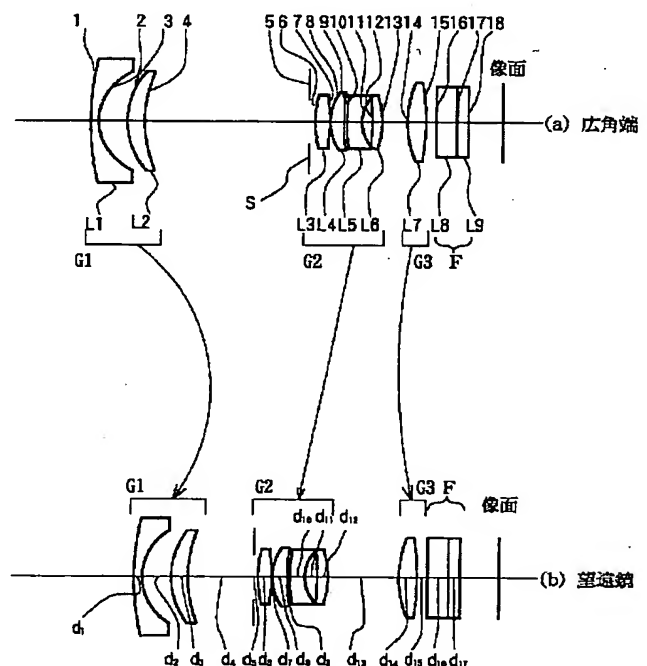
(74) 代理人 弁理士 真田 修治

(54) 【発明の名称】 ズームレンズ

(57) 【要約】

【課題】 3倍以上の変倍比を得て、射出瞳位置を像面から充分に離間させられ、歪曲収差を抑え、少ないレンズ枚数で、小型で収差が少ない広角ズームレンズを提供する。

【解決手段】 広角端から望遠端へのズーミングに際し、光軸上で、負の屈折力を有する第1のレンズ群G1は、像側へ移動し途中から物体側へ反転して移動し、正の屈折力を有する第2レンズ群G2は、物体側に単調に移動し、正の屈折力を有する第3レンズ群G3は、物体側へ移動し途中から像側に反転して移動する。開口絞りSは、第2レンズ群G2の物体側に位置し、一体に移動する。第Mレンズ群 (M=1~3) の焦点距離を f_M 、広角端における全系の合成焦点距離を f_W として、条件(1) $2.62 < |f_1|/f_W < 2.72$ ($f_1 < 0$)、条件(2) $f_3/f_W < 3.4$ 、および条件(3) $0.57 < f_2/f_3 < 0.65$ ($f_2 > 0$, $f_3 > 0$) を満足する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 物体側から像側へ向かって、順次、負の屈折力を有する第1群光学系、正の屈折力を有する第2群光学系および正の屈折力を有する第3群光学系を配設し、

前記第2群光学系の物体側に、ズーミング時に該第2群光学系と一体に移動する開口絞りを設けるとともに、広角端から望遠端へのズーミングに際し、前記第1群光学系は、光軸上をまず像側へ移動し、途中で移動方向を物体側へ反転することにより、像側に凸の凸弧状に移動して焦点位置の変動を補正し、前記第2群光学系は、光軸上を物体側へ単調に移動して変倍を行い、そして前記第3群光学系は、光軸上をまず物体側へ移動し、途中で移動方向を像側に反転することにより、物体側に凸の凸弧状に移動して変倍を行い、

第M群光学系 ($M=1\sim 3$) の焦点距離を f_M 、広角端における全系の合成焦点距離を f_W とするとき、これらが、条件：

$$(1) \quad 2.62 < |f_1| / f_W < 2.72 \quad (f_1 < 0)$$

$$(2) \quad f_3 / f_W < 3.4$$

$$(3) \quad 0.57 < f_2 / f_3 < 0.65 \quad (f_2 > 0, f_3 > 0)$$

を満足することを特徴とするズームレンズ。

【請求項2】 前記第1群光学系は、物体側から像側へ向かって、順次、物体側に凸面を向けたメニスカス状の負レンズ、そして物体側に凸面を向けたメニスカス状の正レンズを配置してなる2つのレンズを含み、且つ前記第2群光学系は、物体側から像側へ向かって、順次、物体側に強い屈折面を向けた正レンズ、物体側に凸面を向けたメニスカス状の正レンズ、物体側に凸面を向けたメニスカス状の負レンズ、そしてそして像側に凸面を向けたメニスカス状の正レンズを配置してなる4つのレンズを含むことを特徴とする請求項1に記載のズームレンズ。

【請求項3】 前記第1群光学系の2つのレンズのうちの最も物体側に位置するメニスカス状の負レンズは、像側のレンズ面が光軸から離れるに従い負の屈折力が弱くなる形状の非球面であることを特徴とする請求項2に記載のズームレンズ。

【請求項4】 前記第2群光学系の4つのレンズのうちの最も物体側に位置する正レンズは、物体側のレンズ面が光軸から離れるに従い正の屈折力が弱くなる形状の非球面であることを特徴とする請求項2または3に記載のズームレンズ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、ズームレンズの光学系に係り、特に固体撮像素子を受光素子に用いるデジタルスティルカメラおよびビデオカメラ用のテレセン

トリック性を有する小型の広角ズームレンズとして好適なズームレンズに関するものである。

【0002】

【従来の技術】 動画を撮像する、いわゆるビデオカメラにおいては、従来から、CCD（電荷結合素子）またはMOS（金属酸化半導体）等の固体撮像素子が撮像用受光素子として用いられている。さらに、近年、デジタルスティルカメラ、あるいは単にデジタルカメラ等と称され、被写体像を、固体撮像素子により撮像し、被写体の静止画像（スティル画像）の画像データを得て、IC（集積回路）カードまたはビデオフロッピーディスク等にデジタル的に記録するタイプのカメラの普及が著しい。このデジタルカメラの中には、静止画像のみならず動画像（ムービー画像）をも撮像することができるものもある。

【0003】ところで、このようなCCD等の固体撮像素子を使用したカメラの光学系には、射出瞳位置が像面から十分に離間していることが要求される。これは、次のような理由による。即ち、固体撮像素子の色フィルタが撮像面からやや離れた位置に存在するため、光束が斜めから入射した場合には、実質的な開口効率が低下する。また、固体撮像素子の周期構造に起因するモアレ現象を防止するための水晶フィルタの実効厚が、軸上と周辺であまり変動しないことが求められる。

【0004】また、特に最近の高感度型小型固体撮像素子では、撮像面の直前にマイクロレンズアレイを持つものがあり、このような場合にも射出瞳が像面から十分に離間していないと開口効率が周辺で低下する。物体側から像側へ向かって、順次、負の屈折力を有する第1レンズ群、および正の屈折力を有する第2レンズ群を配設して構成され、これら第1レンズ群と第2レンズ群との群の間隔を変化させることにより、変倍を行うズームレンズは、いわゆる2群ズームとしてよく知られている。このような2群ズームの多くは、射出瞳位置が像面に近くなり、CCD等の固体撮像素子を用いたカメラに適用するには好ましくない。

【0005】そこで、第2レンズ群の後方に、正の屈折力を有する固定レンズ群または移動レンズ群を配置することにより、射出瞳位置を像面から遠ざけることが考えられており、多くのズームレンズが提案されている。このように、第2レンズ群の後方に、正の屈折力を有するレンズ群を配置するようにしたズームレンズの例が、例えば、特公平3-20735号公報、特公平7-52256号公報、および特開平6-94996号公報等に表示されている。しかしながら、特公平3-20735号公報、および特公平7-52256号公報等に記載されたズームレンズは、主として一眼レフ（一眼レフレックス）スチルカメラ用に設計されたものである。

【0006】このため、これら特公平3-20735号公報、および特公平7-52256号公報に記載された

構成では、第 3 レンズ群の正の屈折力は極めて弱く、射出瞳を像面から十分に遠ざけることはできない。また、特開平 6 - 9 4 9 9 6 号公報に記載されたズームレンズは、射出瞳位置を像面から遠ざけるために、絞り位置を変倍中に移動させずに第 1 レンズ群と第 2 レンズ群との中間位置に固定して配置している。このため、第 1 レンズ群および第 2 レンズ群の移動に制約を受け、変倍比が 2 倍弱にとどまっている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】本出願人は、上述した問題に対処するため、3 倍程度の変倍比が得られて、しかも射出瞳位置を像面から十分に離間させることができ、小型のデジタルスチルカメラ等に適する明るい広角ズームレンズを、これまでに提案している。例えば特願平 9 - 1 4 3 0 8 号等に、そのようなズームレンズの例が開示されている。一方、最近のデジタルスチルカメラは、高画質化を追求する傾向にあり、画像の歪みの小ささも、高画質化指向のデジタルスチルカメラにおける重要な品質項目の一つとなっている。上述した特願平 9 - 1 4 3 0 8 号に記載されたズームレンズは、歪曲収差の補正が充分でなく、最近の高画質指向のデジタルスチルカメラには不向きであると考えられる。

【0008】そこで、本出願人は、さらに歪曲収差を抑えて、デジタルスチルカメラ等に適するようにした明るい広角ズームレンズとして、特願平 9 - 2 6 9 1 7 0 号を提案した。しかしながら、現在のデジタルスチルカメラの市場は、画像品質の高さを維持しつつも低コスト化を図ることが最も重要となっている。このような観点では、特願平 9 - 2 6 9 1 7 0 号に記載のズームレンズは、9 枚のレンズで構成されており、そのレンズ枚数から低コスト化の要求に充分に応えているとはいえない。

【0009】本発明は、上述した事情に鑑みてなされたもので、3 倍またはそれ以上の変倍比を得て、射出瞳位置を像面から十分に離間させて、しかも歪曲収差を抑えることができ、しかも小型で収差が少なく低コストで製造することが可能なデジタルスチルカメラ等に好適な明るい広角ズームレンズとして構成することが可能なズームレンズを提供することを目的としている。特に、本発明の請求項 1 の目的は、必要とするレンズ枚数が少なく、しかも小型で且つ収差が良好に補正されたズームレンズを提供することにある。

【0010】本発明の請求項 2 の目的は、特に、少ないレンズ枚数で構成し、且つレンズ外径を小さくするとともに、第 2 レンズ群で発生する収差を効果的に補正するズームレンズを提供することにある。さらに、本発明の請求項 3 の目的は、特に、短焦点距離側で増大する負の歪曲収差を補正し得るズームレンズを提供することにある。さらにまた、本発明の請求項 4 の目的は、特に、球面収差が補正不足となるのを防止し得るズームレンズを

提供することにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】請求項 1 に記載した本発明に係るズームレンズは、上述した目的を達成するために、物体側から像側へ向かって、順次、負の屈折力を有する第 1 群光学系、正の屈折力を有する第 2 群光学系および正の屈折力を有する第 3 群光学系を配設し、前記第 2 群光学系の物体側に、ズーミング時に該第 2 群光学系と一体に移動する開口絞りを設けるとともに、広角端から望遠端へのズーミングに際し、前記第 1 群光学系は、光軸上をまず像側へ移動し、途中で移動方向を物体側へ反転することにより、像側に凸の凸弧状に移動して焦点位置の変動を補正し、前記第 2 群光学系は、光軸上を物体側へ単調に移動して変倍を行い、そして前記第 3 群光学系は、光軸上をまず物体側へ移動し、途中で移動方向を像側に反転することにより、物体側に凸の凸弧状に移動して変倍を行い、第 M 群光学系 (M = 1 ~ 3) の焦点距離を f_M 、広角端における全系の合成焦点距離を f_W とするとき、これらが、条件：

$$(1) \quad 2.62 < |f_1| / f_W < 2.72 \quad (f_1 < 0)$$

$$(2) \quad f_3 / f_W < 3.4$$

$$(3) \quad 0.57 < f_2 / f_3 < 0.65 \quad (f_2 > 0, f_3 > 0)$$

を満足することを特徴としている。

【0012】請求項 2 に記載した本発明に係るズームレンズは、前記第 1 群光学系は、物体側から像側へ向かって、順次、物体側に凸面を向けたメニスカス状の負レンズ、そして物体側に凸面を向けたメニスカス状の正レンズを配置してなる 2 つのレンズを含み、また前記第 2 群光学系は、物体側から像側へ向かって、順次、物体側に強い屈折面を向けた正レンズ、物体側に凸面を向けたメニスカス状の正レンズ、物体側に凸面を向けたメニスカス状の負レンズ、そしてそして像側に凸面を向けたメニスカス状の正レンズを配置してなる 4 つのレンズを含むことを特徴としている。

【0013】請求項 3 に記載した本発明に係るズームレンズは、前記第 1 群光学系の 2 つのレンズのうちの最も物体側に位置するメニスカス状の負レンズは、像側のレンズ面が光軸から離れるに従い負の屈折力が弱くなる形状の非球面としたことを特徴としている。請求項 4 に記載した本発明に係るズームレンズは、前記第 2 群光学系の 4 つのレンズのうちの最も物体側に位置する正レンズは、物体側のレンズ面が光軸から離れるに従い正の屈折力が弱くなる形状の非球面としたことを特徴としている。

【0014】

【作用】すなわち、本発明の請求項 1 によるズームレンズは、物体側から像側へ向かって、順次、負の屈折力を有する第 1 群光学系、正の屈折力を有する第 2 群光学系

および正の屈折力を有する第3群光学系を配設し、前記第2群光学系の物体側に、ズーミング時に該第2群光学系と一体に移動する開口絞りを設けるとともに、広角端から望遠端へのズーミングに際し、前記第1群光学系は、光軸上をまず像側へ移動し、途中で移動方向を物体側へ反転することにより、像側に凸の凸弧状に移動して焦点位置の変動を補正し、前記第2群光学系は、光軸上を物体側へ単調に移動して変倍を行い、そして前記第3群光学系は、光軸上をまず物体側へ移動し、途中で移動方向を像側に反転することにより、物体側に凸の凸弧状に移動して変倍を行う構成とする。

【0015】そして、第M群光学系 ($M=1\sim3$) の焦点距離を f_M 、広角端における全系の合成焦点距離を f_Σ とするとき、これらが、条件：

$$(1) \quad 2.62 < |f_1| / f_\Sigma < 2.72 \quad (f_1 < 0)$$

$$(2) \quad f_3 / f_\Sigma < 3.4$$

$$(3) \quad 0.57 < f_2 / f_3 < 0.65 \quad (f_2 > 0, f_3 > 0)$$

を満足するように構成する。このような構成により、第3群光学系を往復移動させることによって、第2群光学系のパワー負担を軽減させながら変倍の補助を担わせ、第2群の移動量を少なくして小型で且つ高変倍を実現させることができる。特に、第1群光学系の焦点距離の範囲を条件(1)の範囲とすることによって、ズームレンズを小型化し、収差を少なくする。

【0016】また、第3群光学系の正の屈折力を条件

(2) の範囲とすることによって、射出瞳位置を像面から離間させテレセントリック性を持たせる。さらに第2群光学系と第3群光学系との正の屈折力の配分を、条件(3)の範囲とすることによって、少ないレンズ枚数であるにもかかわらず、小型で、収差を良好に補正することができる。したがって、少ないレンズ枚数で、3倍またはそれ以上の変倍比を得て、射出瞳位置を像面から充分に離間させることができるとともに、歪曲収差を抑えることができ、小型で収差が少なくデジタルスチルカメラ等に好適な明るい広角ズームレンズとして構成することが可能である。

【0017】本発明の請求項2によるズームレンズは、前記第1群光学系が、物体側から像側へ向かって、順次、物体側に凸面を向けたメニスカス状の負レンズ、そして物体側に凸面を向けたメニスカス状の正レンズを配置してなる2つのレンズを有し、且つ前記第2群光学系が、物体側から像側へ向かって、順次、物体側に強い屈折面を向けた正レンズ、物体側に凸面を向けたメニスカス状の正レンズ、物体側に凸面を向けたメニスカス状の負レンズ、そして物体側に凸面を向けたメニスカス状の正レンズを配置してなる4つのレンズを有する。このような構成により、特に、少ないレンズ枚数でズームレンズを構成し、且つレンズ外径を小さくするとともに、第

2レンズ群で発生する収差を効果的に補正する。

【0018】本発明の請求項3によるズームレンズは、前記第1群光学系の2つのレンズのうちの最も物体側に位置するメニスカス状の負レンズの像側のレンズ面を、光軸から離れるに従い負の屈折力が弱くなる形状の非球面とする。このような構成により、特に、短焦点距離側で増大する負の歪曲収差を有効に補正する。本発明の請求項4によるズームレンズは、前記第2群光学系の4つのレンズのうちの最も物体側に位置する正レンズの物体側のレンズ面を光軸から離れるに従い正の屈折力が弱くなる形状の非球面とする。このような構成により、特に、球面収差が補正不足となるのを防止する。

【0019】

【発明の第1の実施の形態】以下、実施の形態に基づき、図面を参照して本発明のズームレンズを詳細に説明する。図1は、本発明の第1の実施の形態に係るズームレンズの要部の構成を示している。図1の(a)は、該ズームレンズをズーミングの広角端に設定した状態におけるレンズ構成を示し、図1の(b)は、該ズームレンズをズーミングの望遠端に設定した状態におけるレンズ構成を示している。

【0020】図1に示すズームレンズは、被写体すなわち物体側から像側に向かって、順次、第1群光学系である第1レンズ群G1、第2群光学系である第2レンズ群G2および第3群光学系である第3レンズ群G3が配置されている。第1レンズ群G1は、2枚のレンズL1およびL2で構成され、第2レンズ群G2は、4枚のレンズL3、L4、L5およびL6で構成され、そして第3レンズ群G3は1枚のレンズL7で構成されている。

【0021】第2レンズ群G2の物体側、すなわち該第2レンズ群G2と第1レンズ群G1との間には、開口絞りSが配置されている。第3レンズ群G3のさらに像側には、像面との間に、ローパスフィルタ(LPF)L8および赤外光カットフィルタ(IRCF)L9が組み合わされてなるフィルタFが設けられている。すなわち、光学素子L1～L7は、レンズであり、光学素子L8およびL9は、光学フィルタである。レンズL1およびL2からなる第1レンズ群G1は、負の屈折力を有する。レンズL3～L6からなる第2レンズ群G2は、正の屈折力を有する。レンズL7からなる第3レンズ群G3は、正の屈折力を有する。

【0022】第1レンズ群G1は、広角端から望遠端へのズーミングに際して、図1に示すように、光軸上をまず像側へ移動し、途中から移動方向を反転して物体側に移動する。第1レンズ群G1は、このように、像側に凸の凸弧状の軌跡を描いて移動することにより、広角端から望遠端へのズーミングに際しての、焦点位置の変動を補正する。第2レンズ群G2は、広角端から望遠端へのズーミングに際して、光軸上を物体側に単調に移動する。第3レンズ群G3は、広角端から望遠端へのズーミ

ングに際して、光軸上をまず物体側へ移動し、途中から移動方向を反転して像側に移動する。

【0023】第3レンズ群G3は、このように、物体側に凸の凸弧状の軌跡を描いて移動する。これら第2レンズ群G2および第3レンズ群G3の移動による変倍動作により、広角端から望遠端へのズーミングが行われる。このように、第3レンズ群G3を、物体側に凸の凸弧状に往復移動させることにより、第2レンズ群G2のパワー負担を軽減させながら変倍の補助を担わせて、第2レンズ群G2の移動量を少なくして、小型で且つ高変倍を実現させることを可能としている。

【0024】第2レンズ群G2の物体側に位置する開口絞りSは、第2レンズ群G2と一体に移動する。したがって、開口絞りSにより第2レンズ群G2の移動が妨げられることはない。上記第1～第3レンズ群G1～G3は、第1レンズ群G1の焦点距離を f_1 、第2レンズ群G2の焦点距離を f_2 、そして第3レンズ群G3の焦点距離を f_3 、すなわち第Mレンズ群(M=1～3)の焦点距離を f_M とし、広角端における全系の合成焦点距離を f_W とすると、次の各条件を満足するように構成される。

【0025】条件(1)：

$$2.62 < |f_1| / f_W < 2.72 \quad (f_1 < 0)$$

条件(2)

$$f_3 / f_W < 3.4$$

条件(3)

$$0.57 < f_2 / f_3 < 0.65 \quad (f_2 > 0, f_3 > 0)$$

条件(1)は、ズームレンズを小型化し、収差を良好に補正するための第1レンズ群G1の焦点距離 f_1 の範囲を規制する条件である。条件(1)の下限未満では、レンズ全系の小型化には有利であるが、第1レンズ群G1の負の屈折力が強くなりすぎて、球面収差等の諸収差が悪化するので、好ましくない。また、条件(1)の上限を超えると、収差は良好に補正することができるが、レンズ全系を小型化することが困難になる。

【0026】条件(2)は、第3レンズ群G3の正の屈折力を規制する条件である。条件(2)の上限を超えると、第3レンズ群G3の正の屈折力が不十分となって、射出瞳位置が像面に近づき、テレセントリック性が失われる。条件(3)は、共に正の屈折力を有する第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との屈折力の配分を規制する条件である。この条件(3)は、第2レンズ群G2および第3レンズ群G3を少ない構成枚数として、しかも小型化を容易にし、なおかつ収差を良好に補正するためのものである。

【0027】条件(3)の下限未満では、第3レンズ群G3の屈折力が不十分となって、該第3レンズ群G3の効果が減少し、第3レンズ群G3の屈折力を補うために、第2レンズ群G2の屈折力負担が過大となるため、

球面収差が悪化し、像の平坦性も悪くなるので好ましくない。条件(3)の上限を超えると、第3レンズ群G3の屈折力負担が大きいため、第2レンズ群G2の屈折力負担が軽減され、球面収差は良好となり、像の平坦性も良好となるが、第1レンズ群G1の負の屈折力および第2レンズ群G2の正の屈折力双方が弱くなる傾向にも合致し、全系の小型化の達成が困難となる。(以上が本発明の請求項1に対応する。)

【0028】図1に示すように、第1レンズ群G1は、物体側に凸面を向けたメニスカス状の負レンズL1、および物体側に凸面を向けたメニスカス状の正レンズL2で構成され、これら2枚のレンズL1およびL2を、物体側から像面側に向かって、順次、L1-L2の順で配置している。また、第2レンズ群G2は、物体側に強い屈折面を向けた正レンズL3、物体側に凸面を向けたメニスカス状の正レンズL4、物体側に凸面を向けたメニスカス状の負レンズL5、および像側に凸面を向けたメニスカス状の正レンズL6で構成され、これら4枚のレンズL3～L6を物体側から像側に向かって、順次、L3-L4-L5-L6の順で配置している。

【0029】全体を少ないレンズ枚数で構成し、しかも、レンズ外径を小さくするために、第1レンズ群G1を構成する負のレンズL1を物体側に配置している。そして、第2レンズ群G2で発生する球面収差、コマ収差、および非点収差を補正するために、まず、2枚の正レンズL3およびL4で球面収差の発生を極力抑えて全体として正の屈折力を得て、それに続いて負レンズL5で補正過剰とし、さらに続く正レンズL6で各収差の面角差を平均化する。(以上が本発明の請求項2に対応する。)

【0030】第1レンズ群G1の最も物体側に配置される物体側に凸面を向けたメニスカス状の負レンズL1は、像側のレンズ面を、光軸から離れるに従って負の屈折力が弱くなる形状の非球面に形成している。このように、第1レンズ群G1の最も物体側のメニスカス状の負レンズL1の像側のレンズ面が、光軸から離れるに従って負の屈折力が弱くなる形状の非球面を形成することによって、特に短焦点距離側で増大する負の歪曲収差を補正している。(以上が本発明の請求項3に対応する。)

【0031】第2レンズ群G2の最も物体側に配置される物体側に強い屈折面を向けた正レンズL3は、物体側のレンズ面を、光軸から離れるに従って正の屈折力が弱くなる形状の非球面に形成している。このように、第2レンズ群G2の最も物体側にある正レンズL3の物体側のレンズ面が、光軸から離れるに従って正の屈折力が弱くなる形状の非球面を形成することによって、主として球面収差が補正不足となるのを防止している。(以上が本発明の請求項4に対応する。)

【0032】

【0033】

【第1の実施例】次に、上述した第1の実施の形態に係る第1の実施例のズームレンズの具体的なデータを表1～表3に示す。表1は、ズームレンズを構成する光学系のレンズデータであり、表2は非球面のデータであり、表3は可変部分の可変量のデータである。このズームレンズは、全系の焦点距離を f 、Fナンバを $F/\text{No.}$ 、半面角を ω 、および像高を Y' としたとき、それぞれ $f = 5.6 \sim 16.8 \text{ mm}$ 、 $F/\text{No.} = 2.8 \sim 5.1$ 、 $\omega = 3.2 \sim 11.7 \text{ deg}$ 、 $Y' = 3.47$ である。光学系を構成する光学面の物体側からの面番号を i ($i = 1 \sim$

18)、各光学面の曲率半径を r_i 、後続の光学面(像側に隣接する光学面)との面間隔を d_i 、光学素子番号を j (すなわち各光学素子は L_j ($j = 1 \sim 10$ の自然数)であらわされる)、光学素子 L_j の光学材料の屈折率を n_j 、および光学素子 L_j の光学材料のアッペ数を ν_j として、ズームレンズを構成する光学系のレンズデータを表1に示す。

【0034】

【表1】

i	r_i	d_i	j	n_j	ν_j
1	29.603	0.80	1	1.69350	53.20
2	5.016	2.78			
3	8.837	1.67	2	1.84666	26.10
4	14.184	(可変)			
5	(絞り)	0.50			
6	15.554	1.35	3	1.69350	53.20
7	-53.667	0.10			
8	5.797	1.41	4	1.69680	55.50
9	24.218	0.29			
10	21.538	1.45	5	1.84666	26.10
11	4.512	0.94			
12	-33.192	1.09	6	1.51680	64.20
13	-9.840	(可変)			
14	14.035	1.76	7	1.48749	70.40
15	-34.542	(可変)			
16	0.000	2.00	8	1.51680	64.20
17	0.000	1.10	9	1.54072	47.20
18	0.000				

【0035】表1の曲率半径 r_i における「0.000」なる表記は、曲率半径 r_i が無限大(∞)であることを意味し、当該光学面が平面であることを示している。したがって、フィルタFを構成する光学素子 L_8 および L_9 の両面16, 17, 18は、平面であり、これら両光学素子 L_8 および L_9 は面17にて密に接合されている。

【0036】表1において、第2光学面2および第6光学面6、すなわち第1レンズ群G1の最も物体側に配置されるメニスカス状の負レンズL1の像側のレンズ面2

$$Z = \frac{(1/r) \times Y^2}{1 + \sqrt{1 - (1+K)(Y/r)^2}} + AY^4 + BY^6 + CY^8$$

すなわち、非球面は、数1の非球面の式に、光軸上の曲率半径 r 、円錐定数 K 、および高次の非球面係数 A 、 B 、および C の各パラメータを与えて定義することにより、形状を特定する。

および第2レンズ群G2の最も物体側に配置される正レンズL3の物体側のレンズ面6を、非球面としている。非球面は、周知のごとく光軸に合致させてZ座標軸を、光軸に直交させてY座標をとるとき、光軸上の曲率半径を r 、円錐定数を K 、高次の非球面係数を A 、 B 、および C として、数1であらわされる曲線を光軸の回りに回転させて得られる曲面である。

【0037】

【数1】

【0038】したがって、表1における第2光学面2、つまり第1レンズ群G1の最も物体側に配置される物体側に凸面を向けたメニスカス状の負レンズL1の像側のレンズ面2、および表1における第6光学面6、つまり

第 2 レンズ群 G 2 の最も物体側に配置される物体側に強い屈折面を向けた正レンズ L 3 の物体側のレンズ面 6 は、表 2 に示す光軸上の曲率半径 r 、円錐定数 K 、および高次の非球面係数 A 、 B 、および C の各パラメータで

	K	A	B	C
r_2	-0.48910	-1.17784E-4	4.42787E-6	-2.03162E-7
r_6	-2.30557	-5.51748E-5	-2.74870E-6	-8.10602E-8

【0040】表 1 において、面間隔 d_i を「可変」とした第 4 光学面 4、第 13 光学面 13 および第 15 光学面 15 の、次の（面番号の）光学面 5、14 および 16 との面間隔 d_4 、 d_{13} および d_{15} 、全系の焦点距離 f が 5.60mm の広角端、焦点距離 f が 9.70mm の中間焦

f	5.60	9.70	16.80
d_4	16.18	6.51	1.60
d_{13}	2.26	6.95	16.64
d_{15}	1.00	1.33	0.71

【0042】この場合の、広角端におけるレンズ全長、すなわち光学系の第 1 光学面から像面までの距離は、40.06mm である。図 2～図 4 に、この第 1 の実施例における収差図を示す。図 2 は広角端、図 3 は中間焦点距離、そして図 4 は望遠端における収差図である。なお、収差図において、 SA は球面収差、 SC は正弦条件、 $As t$ は非点収差、そして $Dist$ は歪曲収差を示している。各収差図における「 d 」は d 線に対する収差を示し、「 g 」は g 線に対する収差を示している。球面収差図においては、球面収差を実線で、正弦条件を破線でそれぞれ示し、非点収差図においては、サジタル光線を実線、メリディオナル光線を破線でそれぞれ示している。図 2～図 4 によれば、ズーム域における広角端、中間焦点距離および望遠端のいずれにおいても収差は良好に補正されており、性能良好であることが確認された。

【0043】

【発明の第 2 の実施の形態】図 5 は、本発明の第 2 の実施の形態に係るズームレンズの要部の構成を示している。図 5 の (a) は、該ズームレンズをズームの広角端に設定した状態におけるレンズ構成を示し、図 5 の (b) は、該ズームレンズをズームの望遠端に設定した状態におけるレンズ構成を示している。図 5 に示すズームレンズは、被写体すなわち物体側から像側に向かって順次、第 1 群光学系である第 1 レンズ群 $G 1'$ 、第 2 群光学系である第 2 レンズ群 $G 2'$ および第 3 群光学系である第 3 レンズ群 $G 3'$ が配置されている。

【0044】第 1 レンズ群 $G 1'$ は、2 枚のレンズ $L 1'$ および $L 2'$ で構成され、第 2 レンズ群 $G 2'$ は、4 枚のレンズ $L 3'$ 、 $L 4'$ 、 $L 5'$ および $L 6'$ で構成され、そして第 3 レンズ群 $G 3'$ は 1 枚のレンズ L

定義される非球面に形成される。

【0039】

【表 2】

点距離、および焦点距離 f が 16.80mm の望遠端において、表 3 に示されるように変化する。

【0041】

【表 3】

7' で構成されている。第 2 レンズ群 $G 2'$ の物体側、すなわち第 1 レンズ群 $G 1'$ との間には、開口絞り S が配置されている。第 3 レンズ群 $G 3'$ のさらに像側には、像面との間に、図 1 に示す第 1 の実施の形態の場合と全く同様の、ローパスフィルタ $L 8$ および赤外光カットフィルタ $L 9$ が組み合わされてなるフィルタ F が設けられている。すなわち、光学素子 $L 1' \sim L 7'$ はレンズであり、光学素子 $L 8$ および $L 9$ は光学フィルタである。

【0045】尚、図 5 においては、各面間隔の符号を省略してあるが、図 1 に付した符号と同じである。レンズ $L 1'$ および $L 2'$ からなる第 1 レンズ群 $G 1'$ は、負の屈折力を有する。レンズ $L 3' \sim L 6'$ からなる第 2 レンズ群 $G 2'$ は、正の屈折力を有する。レンズ $L 7'$ からなる第 3 レンズ群 $G 3'$ は、正の屈折力を有する。第 1 レンズ群 $G 1'$ は、広角端から望遠端へのズームに際して、光軸上をまず像側へ移動し、途中から移動方向を反転して物体側に移動する。第 1 レンズ群 $G 1'$ は、このように、像側に凸の凸弧状の軌跡を描いて移動することにより、広角端から望遠端へのズームに際しての、焦点位置の変動を補正する。

【0046】第 2 レンズ群 $G 2'$ は、広角端から望遠端へのズームに際して、光軸上を物体側に単調に移動する。第 3 レンズ群 $G 3'$ は、広角端から望遠端へのズームに際して、光軸上をまず物体側へ移動し、途中から移動方向を反転して像側に移動する。第 3 レンズ群 $G 3'$ は、このように、物体側に凸の凸弧状の軌跡を描いて移動する。これら第 2 レンズ群 $G 2'$ および第 3 レンズ群 $G 3'$ の移動による変倍動作により、広角端から望遠端へのズームが行われる。このように、第 3 レ

レンズ群G3'を、物体側に凸の凸弧状に往復移動させることにより、第2レンズ群G2'のパワー負担を軽減させながら変倍の補助を担わせて、第2レンズ群G2'の移動量を少なくして、小型で且つ高変倍を実現させることを可能としている。

【0047】第2レンズ群G2'の物体側に位置する開口絞りSは、第2レンズ群G2'と一体に移動する。したがって、開口絞りSにより第2レンズ群G2'の移動が妨げられることはない。上記第1～第3レンズ群G1'～G3'は、第1の実施の形態の場合と同様に、第Mレンズ群(M=1～3)の焦点距離を f_M とし、広角端における全系の合成焦点距離 f_M とすると、上述した条件(1)～(3)を満足するように構成されている。

【0048】図5に示すように、第1レンズ群G1'は、物体側に凸面を向けたメニスカス状の負レンズL1'、および物体側に凸面を向けたメニスカス状の正レンズL2'で構成され、これら2枚のレンズL1'およびL2'を、物体側から像側に向かって、順次、L1'～L2'の順で配置している。また、第2レンズ群G2'は、物体側に強い屈折面を向けた正レンズL3'、物体側に凸面を向けたメニスカス状の正レンズL4'、物体側に凸面を向けたメニスカス状の負レンズL

5'、および像側に凸面を向けたメニスカス状の正レンズL6'で構成され、これら4枚のレンズL3'～L6'を物体側から像側に向かって、順次、L3'～L4'～L5'～L6'の順で配置している。

【0049】第1レンズ群G1'の最も物体側に配置されるメニスカス状の負レンズL1'は、像側のレンズ面2を、光軸から離れるに従って負の屈折力が弱くなる形状の非球面に形成している。第2レンズ群G2'の最も物体側に配置される正レンズL3'は、物体側のレンズ面6を、光軸から離れるに従って正の屈折力が弱くなる形状の非球面に形成している。

【0050】

【第2の実施例】次に、上述した第2の実施の形態に係る第2の実施例のズームレンズの具体的なデータを表4～表6に示す。表4は、ズームレンズを構成する光学系のレンズデータであり、表5は、非球面のデータであり、表6は、可変部分の可変量のデータである。このズームレンズは、全系の焦点距離 $f=5.6\sim16.8\text{mm}$ 、Fナンバー $F/\text{No.}=2.8\sim5.1$ 、半画角 $\omega=32.2\sim11.8\text{deg}$ 、および像高 $Y'=3.47$ である。

【0051】

【表4】

i	r_i	d_i	j	n_j	ν_j
1	25.466	0.80	1	1.80610	40.70
2	5.000	1.95			
3	8.177	1.93	2	1.84666	23.80
4	15.924	(可変)			
5	(絞り)	0.50			
6	16.168	1.39	3	1.74330	49.30
7	-25.589	0.10			
8	4.761	1.32	4	1.67790	55.50
9	9.462	0.43			
10	12.462	0.80	5	1.84666	23.80
11	4.005	1.04			
12	-16.681	1.05	6	1.48749	70.40
13	-8.395	(可変)			
14	14.458	1.91	7	1.48749	70.40
15	-23.690	(可変)			
16	0.000	2.00	8	1.51680	64.20
17	0.000	1.10	9	1.54072	47.20
18	0.000				

【0052】表4における第2光学面2、つまり第1レンズ群G1'の最も物体側に配置されるメニスカス状の負レンズL1'の像側のレンズ面2、および表4における第6光学面6、つまり第2レンズ群G2'の最も物体側

に配置される正レンズL3'の物体側のレンズ面6は、表5に示す光軸上の曲率半径 r 、円錐定数 K 、および高次の非球面係数 A 、 B 、および C の各パラメータで定義される非球面に形成される。

【0053】

【表5】

	K	A	B	C
r_2	-0.51816	-4.55330E-5	5.23933E-6	-1.75866E-7
r_6	-2.59597	-5.94777E-5	-3.79326E-6	-6.68516E-8

【0054】表1において、面間隔 d_i を「可変」とした第4光学面4、第13光学面13および第15光学面15の、次の（面番号の）光学面5、14および16との面間隔は、全系の焦点距離 f が5.60mmの広角端、焦点距離 f が9.70mmの中間焦点距離、および焦点距

離 f が16.81mmの望遠端において、表6に示されるように変化する。

【0055】

【表6】

f	5.60	9.70	16.81
d_4	15.65	6.23	1.60
d_{13}	2.02	6.39	16.07
d_{15}	1.00	1.50	1.01

【0056】この場合の、広角端におけるレンズ全長、すなわち光学系の第1光学面1から像面までの距離は、38.06mmである。図6～図8に、この第2の実施例における収差図を示す。図6は広角端、図7は中間焦点距離、そして図8は望遠端における収差図である。図6～図8によれば、ズーム域における広角端、中間焦点距離および望遠端のいずれにおいても収差は良好に補正されており、性能良好であることが確認された。

【0057】

【発明の第3の実施の形態】図9は、本発明の第3の実施の形態に係るズームレンズの要部の構成を示している。図9の（a）は、該ズームレンズをズームの広角端に設定した状態におけるレンズ構成を示し、図9の（b）は、該ズームレンズをズームの望遠端に設定した状態におけるレンズ構成を示している。図9に示すズームレンズは、被写体すなわち物体側から像側に向かって、順次、第1群光学系である第1レンズ群 $G1''$ 、第2群光学系である第2レンズ群 $G2''$ および第3群光学系である第3レンズ群 $G3''$ が配置されている。

【0058】第1レンズ群 $G1''$ は、2枚のレンズ $L1''$ および $L2''$ で構成され、第2レンズ群 $G2''$ は、4枚のレンズ $L3''$ 、 $L4''$ 、 $L5''$ および $L6''$ で構成され、そして第3レンズ群 $G3''$ は1枚のレンズ $L7''$ で構成されている。第2レンズ群 $G2''$ の物体側、すなわち第1レンズ群 $G1''$ との間には、開口絞り S が配置されている。第3レンズ群 $G3''$ のさらに像側には、像面との間に、上述と同様のローパスフィルタ $L8$ および赤外光カットフィルタ $L9$ が組み合わせられてなるフィルタ F が設けられている。すなわち、光学素子 $L1''$ ～ $L7''$ はレンズであり、光学素子 $L8$ および $L9$ は光学フィルタである。レンズ $L1''$ および $L2''$ からなる第1レンズ群 $G1''$ は、負の屈折力を有する。レンズ $L3''$ ～ $L7''$ からなる第2レンズ群 $G2''$ は、正の

屈折力を有する。レンズ $L7''$ からなる第3レンズ群 $G3''$ は、正の屈折力を有する。

【0059】第1レンズ群 $G1''$ は、広角端から望遠端へのズームに際して、光軸上をまず像側へ移動し、途中から移動方向を反転して物体側へ移動する。第1レンズ群 $G1''$ は、このように、像側に凸の凸弧状の軌跡を描いて移動することにより、広角端から望遠端へのズームに際しての、焦点位置の変動を補正する。第2レンズ群 $G2''$ は、広角端から望遠端へのズームに際して、光軸上を物体側に単調に移動する。第3レンズ群 $G3''$ は、広角端から望遠端へのズームに際して、光軸上をまず物体側へ移動し、途中から移動方向を反転して像側へ移動する。第3レンズ群 $G3''$ は、このように、物体側に凸の凸弧状の軌跡を描いて移動する。これら第2レンズ群 $G2''$ および第3レンズ群 $G3''$ の移動による変倍動作により、広角端から望遠端へのズームが行われる。

【0060】このように、第3レンズ群 $G3''$ を、物体側に凸の凸弧状に往復移動させることにより、第2レンズ群 $G2''$ のパワー負担を軽減させながら変倍の補助を担わせて、第2レンズ群 $G2''$ の移動量を少なくして、小型で且つ高変倍を実現させることを可能としている。第2レンズ群 $G2''$ の物体側に位置する開口絞り S は、第2レンズ群 $G2''$ と一体に移動する。したがって、開口絞り S により第2レンズ群 $G2''$ の移動が妨げられることはない。上記第1～第3レンズ群 $G1''$ ～ $G3''$

は、第1および第2の実施の形態の場合と同様に、第 M レンズ群（ $M=1\sim3$ ）の焦点距離を f_M とし、広角端における全系の合成焦点距離 f_H とすると、上述した条件（1）～（3）を満足するように構成されている。

【0061】図9に示すように、第1レンズ群 $G1''$ は、物体側に凸面を向けたメニスカス状の負レンズ $L1''$ 、および物体側に凸面を向けたメニスカス状の正レ

レンズL2''で構成され、これら2枚のレンズL1''およびL2''を、物体側から像側側に向かって、順次、L1''-L2''の順で配置している。また、第2レンズ群G2''は、物体側に強い屈折面を向けた正レンズL3''、物体側に凸面を向けたメニスカス状の正レンズL4''、物体側に凸面を向けたメニスカス状の負レンズL5''、および像側に凸面を向けたメニスカス状の正レンズL6''で構成され、これら4枚のレンズL3''~L6''を物体側から像側側に向かって、順次、L3''-L4''-L5''-L6''の順で配置している。

【0062】第1レンズ群G1''の最も物体側に配置されるメニスカス状の負レンズL1''は、像側のレンズ面2を、光軸から離れるに従って負の屈折力が弱くなる形状の非球面に形成している。第2レンズ群G2''の最も

物体側に配置される正レンズL3''は、物体側のレンズ面6を、光軸から離れるに従って正の屈折力が弱くなる形状の非球面に形成している。

【0063】

【第3の実施例】次に、上述した第3の実施の形態に係る第3の実施例のズームレンズの具体的なデータを表7~表9に示す。表7は、ズームレンズを構成する光学系のレンズデータであり、表8は非球面のデータであり、表9は可変部分の可変量のデータである。このズームレンズは、全系の焦点距離 $f=5.6\sim16.8\text{mm}$ 、Fナンバー $F/\text{No.}=2.8\sim5.0$ 、半画角 $\omega=32.2\sim11.7\text{deg}$ 、および像高 $Y'=3.47$ である。

【0064】

【表7】

i	r_i	d_i	j	n_j	ν_j
1	21.792	0.80	1	1.74330	49.30
2	5.000	2.71			
3	8.197	1.64	2	1.84666	23.80
4	12.102	(可変)			
5	(絞り)	0.50			
6	14.117	1.39	3	1.69350	53.20
7	-41.970	0.10			
8	5.105	1.31	4	1.69680	55.50
9	10.232	0.34			
10	10.976	0.93	5	1.84666	23.80
11	4.122	1.01			
12	-31.053	1.08	6	1.48749	70.40
13	-9.990	(可変)			
14	15.611	1.74	7	1.48749	70.40
15	-28.898	(可変)			
16	0.000	2.00	8	1.51680	64.20
17	0.000	1.10	9	1.54072	47.20
18	0.000				

【0065】表7における第2光学面2、つまり第1レンズ群G1''の最も物体側に配置されるメニスカス状の負レンズL1''の像側のレンズ面2、および表7における第6光学面6、つまり第2レンズ群G2''の最も物体側に配置される正レンズL3''の物体側のレンズ面6

は、表8に示す光軸上の曲率半径 r 、円錐定数 K 、および高次の非球面係数 A 、 B 、および C の各パラメータで定義される非球面に形成される。

【0066】

【表8】

	K	A	B	C
r_2	-0.45712	-7.34889E-5	4.72867E-6	-1.92517E-7
r_6	-2.08733	-4.40893E-5	-3.65895E-6	-7.36708E-8

【0067】表7において、面間隔 d_i を「可変」とした第4光学面4、第13光学面13および第15光学面15の、次の(面番号の)光学面5、14および16と

の面間隔は、全系の焦点距離 f が5.60mmの広角端、焦点距離 f が9.70mmの中間焦点距離、および焦点距離 f が16.80mmの望遠端において、表9に示される

ように変化する。

【0068】

【表9】

f	5. 6 0	9. 7 0	1 6. 8 0
d ₄	1 5. 6 5	6. 3 0	1. 6 0
d ₁₃	2. 4 0	6. 7 9	1 6. 4 5
d ₁₅	1. 0 0	1. 5 0	1. 0 2

【0069】この場合は、広角端におけるレンズ全長、すなわち光学系の第1光学面から像面までの距離は、39. 08mmである。図10～図12にこの第3の実施例における収差図を示す。図10は広角端、図11は中間焦点距離、そして図12は望遠端における収差図である。図10～図12によれば、ズーム域における広角端、中間焦点距離および望遠端のいずれにおいても収差

は良好に補正されており、性能良好であることが確認された。上述した第1～第3の実施例における各パラメータ $|f_1|/f_W$ 、 f_3/f_W 、 f_2/f_3 、および像高比：1. 0における広角端での歪曲収差 D_W (1. 0) を表10に示す。

【0070】

【表10】

	$ f_1 /f_W$	f_3/f_W	f_2/f_3	D_W (1. 0)
第1の実施例	2. 7 2 3	3. 7 0	0. 6 0 4	-1. 8 0 %
第2の実施例	2. 7 4 4	3. 4 5	0. 6 4 9	-1. 5 8 %
第3の実施例	2. 6 2 6	3. 7 6	0. 5 7 8	-1. 6 5 %

【0071】上述のように、本発明の第1～第3の実施例によれば、変倍比が3倍で射出瞳位置を像面から充分に離間させて、しかも小型で且つ収差が良好に補正され、さらに、歪曲収差を2%以下に抑えたレンズ枚数の少ないズームレンズとすることができる。このようなズームレンズは、デジタルスティルカメラ等に好適な明るい広角ズームレンズとして構成することができる。

【0072】

【発明の効果】以上述べたように、本発明の請求項1によれば、物体側から像側へ向かって、順次、負の屈折力を有する第1群光学系、正の屈折力を有する第2群光学系および正の屈折力を有する第3群光学系を配設し、前記第2群光学系の物体側に、ズーミング時に該第2群光学系と一体に移動する開口絞りを設けるとともに、広角端から望遠端へのズーミングに際し、前記第1群光学系は、光軸上をまず像側へ移動し、途中で移動方向を物体側へ反転することにより、像側に凸の凸弧状に移動して焦点位置の変動を補正し、前記第2群光学系は、光軸上を物体側へ単調に移動して変倍を行い、そして前記第3群光学系は、光軸上をまず物体側へ移動し、途中で移動方向を像側に反転することにより、物体側に凸の凸弧状に移動して変倍を行う構成とする。そして、第M群光学系 (M=1～3) の焦点距離を f_M 、広角端における全系の合成焦点距離を f_W とするとき、これらが、条件：

(1) $2. 6 2 < |f_1|/f_W < 2. 7 2$ ($f_1 < 0$)

(2) $f_3/f_W < 3. 4$

(3) $0. 5 7 < f_2/f_3 < 0. 6 5$ ($f_2 > 0$, $f_3 > 0$)

を満足するように構成することにより、3倍またはそれ以上の変倍比を得て、射出瞳位置を像面から充分に離間させて、しかも歪曲収差を抑えることができ、しかも小型で収差が少なくデジタルスティルカメラ等に好適な明るい広角ズームレンズとして構成することが可能で、特に、必要とするレンズ枚数が少なく、しかも小型で且つ収差が良好に補正されたズームレンズを提供することができる。

【0073】本発明の請求項2のズームレンズによれば、前記第1群光学系が、物体側から像側へ向かって、順次、物体側に凸面を向けたメニスカス状の負レンズ、そして物体側に凸面を向けたメニスカス状の正レンズを配置してなる2つのレンズを有し、且つ前記第2群光学系が、物体側から像側へ向かって、順次、物体側に強い屈折面を向けた正レンズ、物体側に凸面を向けたメニスカス状の正レンズ、物体側に凸面を向けたメニスカス状の負レンズ、そして像側に凸面を向けたメニスカス状の正レンズを配置してなる4つのレンズを有する構成により、特に、少ないレンズ枚数でズームレンズを構成し、且つ第1群光学系のうちの負レンズを物体側に配置してレンズ外径を小さくするとともに、第2レンズ群で発生する収差を効果的に補正することができる。

【0074】本発明の請求項3のズームレンズによれば、前記第1群光学系の2つのレンズのうちの最も物体側に位置するメニスカス状の負レンズの像側のレンズ面を、光軸から離れるに従い負の屈折力が弱くなる形状の非球面とする構成により、特に、短焦点距離側で増大する負の歪曲収差を有効に補正することができる。本発明の請求項4のズームレンズによれば、前記第2群光学系

の4つのレンズのうちの最も物体側に位置する正レンズの物体側のレンズ面を光軸から離れるに従い正の屈折力が弱くなる形状の非球面とする構成により、特に、球面収差が補正不足となるのを防止することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態に係るズームレンズの光学系の配置構成を模式的に示す光学系配置図である。

【図2】図1に示す第1の実施の形態に係る第1の実施例のズームレンズの広角端における球面収差、非点収差および歪曲収差を示す収差図である。

【図3】同じく第1の実施例のズームレンズの中間焦点距離における球面収差、非点収差および歪曲収差を示す収差図である。

【図4】同じく第1の実施例のズームレンズの望遠端における球面収差、非点収差および歪曲収差を示す収差図である。

【図5】本発明の第2の実施の形態に係るズームレンズの光学系の配置構成を模式的に示す光学系配置図である。

【図6】図5に示す第2の実施の形態に係る第2の実施例のズームレンズの広角端における球面収差、非点収差および歪曲収差を示す収差図である。

【図7】第2の実施例のズームレンズの中間焦点距離における球面収差、非点収差および歪曲収差を示す収差図である。

【図8】第2の実施例のズームレンズの望遠端における

球面収差、非点収差および歪曲収差を示す収差図である。

【図9】本発明の第3の実施の形態に係るズームレンズの光学系の配置構成を模式的に示す光学系配置図である。

【図10】図9に示す第3の実施の形態に係る第3実施例のズームレンズの広角端における球面収差、非点収差および歪曲収差を示す収差図である。

【図11】第3実施例のズームレンズの中間焦点距離における球面収差、非点収差および歪曲収差を示す収差図である。

【図12】第3実施例のズームレンズの望遠端における球面収差、非点収差および歪曲収差を示す収差図である。

【符号の説明】

G1, G1', G1'' 第1レンズ群

G2, G2', G2'' 第2レンズ群

G3, G3', G3'' 第3レンズ群

1~15 レンズの光学面

16~18 フィルタの光学面

S 開口絞り

F フィルタ

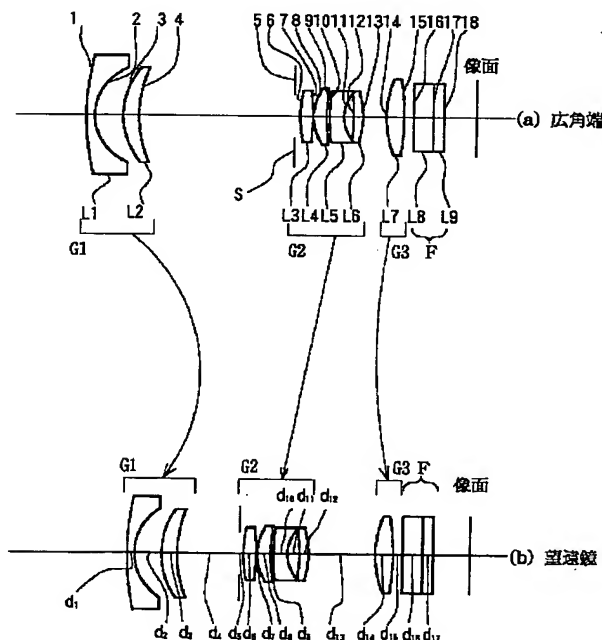
L1~L7, L1'~L7', L1''~L7'' レンズ

L8 ローパスフィルタ

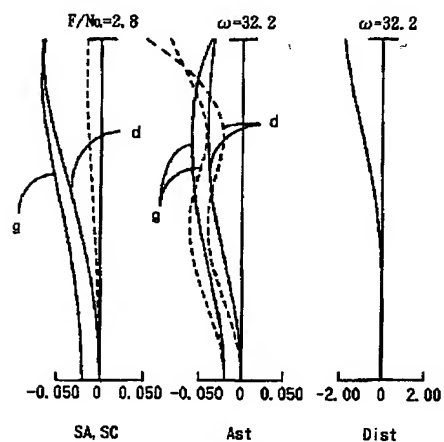
L9 赤外光カットフィルタ

d₁~d₁₇ 面間隔

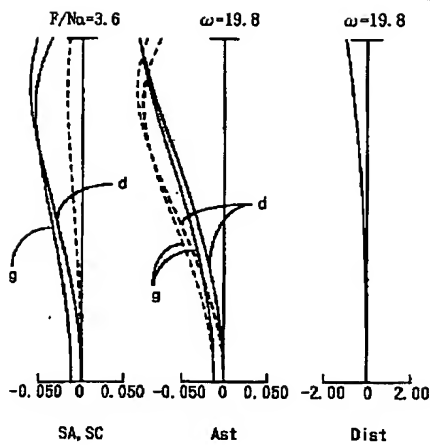
【図1】



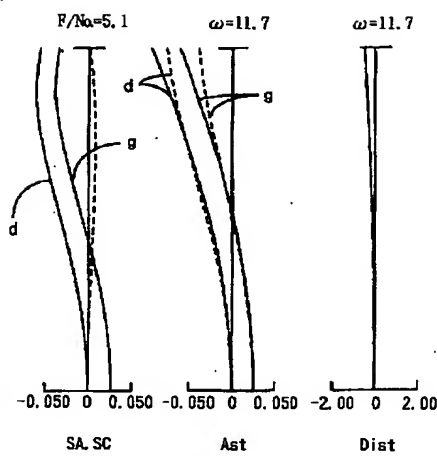
【図2】



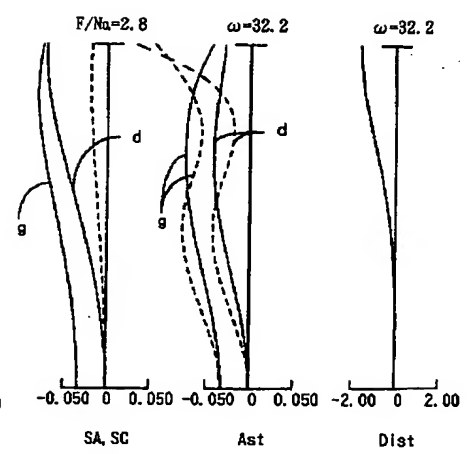
【図 3】



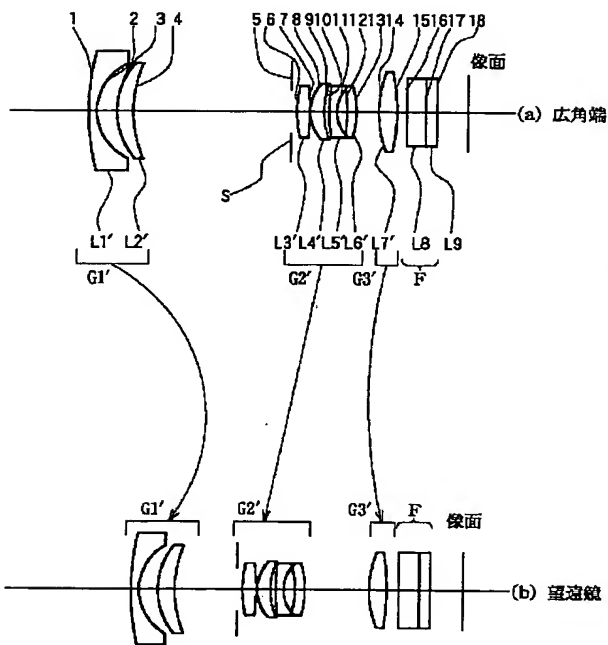
【図 4】



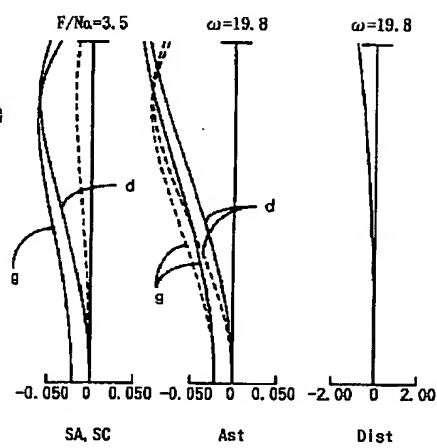
【図 6】



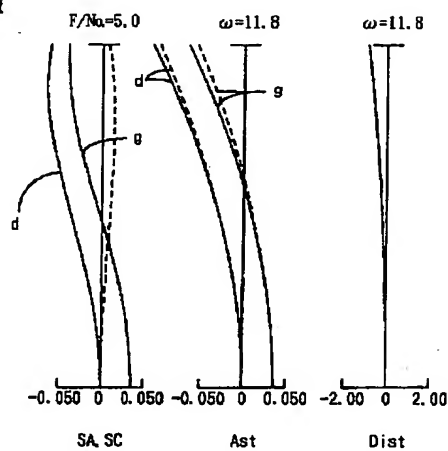
【図 5】



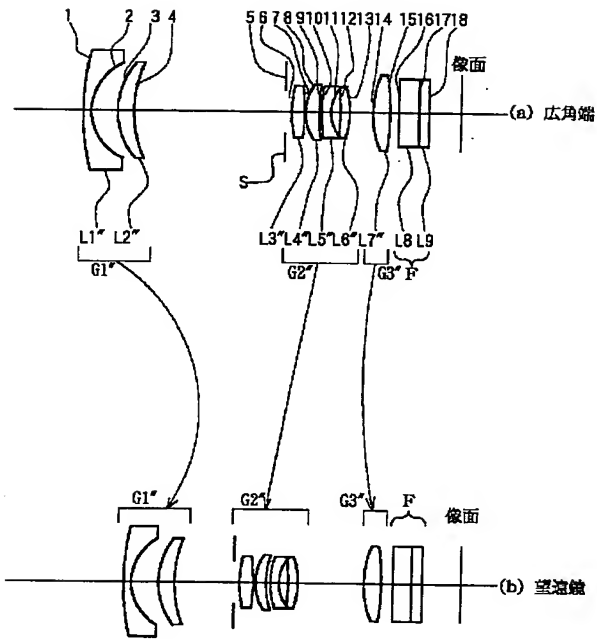
【図 7】



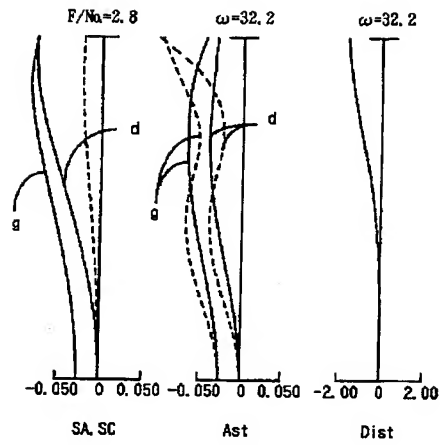
【図 8】



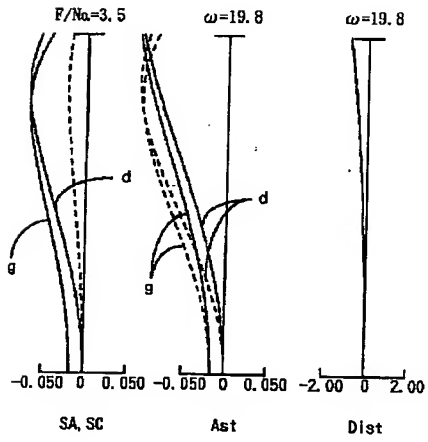
【図9】



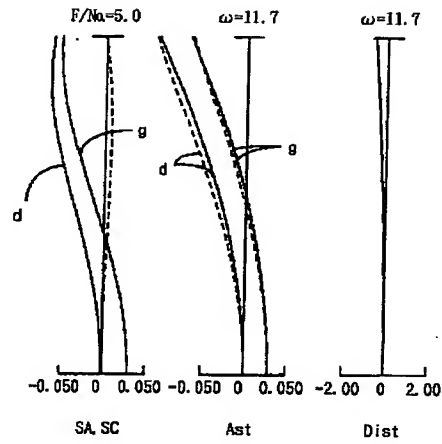
【図10】



【図11】



【図12】



【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第6部門第2区分

【発行日】平成14年9月25日(2002.9.25)

【公開番号】特開平11-194274

【公開日】平成11年7月21日(1999.7.21)

【年通号数】公開特許公報11-1943

【出願番号】特願平10-10013

【国際特許分類第7版】

G02B 15/20

13/18

13/22

【F I】

G02B 15/20

13/18

13/22

【手続補正書】

【提出日】平成14年7月4日(2002.7.4)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】 物体側から像側へ向かって、順次、負の屈折力を有する第1群光学系、正の屈折力を有する第2群光学系、正の屈折力を有する第3群光学系を配設し、前記第2群光学系の物体側に、ズーム時に第2群光学系と一体に移動する開口絞りを設けるとともに、広角端から望遠端へのズームに際し、前記第1群光学系は、光軸上をまず像側へ移動し、途中で移動方向を物体側へ反転することにより、像側に凸の弧状に移動して焦点位置の変動を補正し、前記第2群光学系は、光軸上を単調に移動して変倍を行い、
前記第1群光学系は非球面を設けた負レンズを有し、前記第2群光学系は非球面を設けた正レンズを有し、
前記第2群光学系は、物体側から像側へ向かって、順次、物体側に強い屈折面を向けた正レンズ、物体側に強い屈折面を向けた正レンズ、像側に強い屈折面を向けた負レンズ、正レンズを配置してなることを特徴とする小型のズームレンズ。

【請求項2】 前記第3群光学系を1枚の正レンズで構成したことを特徴とする請求項1に記載のズームレンズ。

【請求項3】 前記第3群光学系はズームに際して移動することを特徴とする請求項1に記載のズームレンズ。

【請求項4】 前記第2群光学系の非球面を設けた正レンズは、絞りに最も近接して配設され、物体側のレンズ面が非球面であり、その非球面は、光軸から離れるに従い正の屈折力が弱くなる形状であることを特徴とする請求項1に記載のズームレンズ。

【請求項5】 前記第1群光学系は、物体側から像側へ向かって、順次、物体側に凸面を向けたメニスカス状の負レンズと、物体側に凸面を向けたメニスカス状の正レンズを配置してなるとともに、最も物体側に位置するメニスカス状の負レンズは、像側のレンズ面が非球面であり、その非球面は、光軸から離れるに従い負の屈折力が弱くなる形状であることを特徴とする請求項1に記載のズームレンズ。

【請求項6】 前記第2群光学系は、物体側から像側へ向かって、順次、物体側に強い屈折面を向けた正レンズ、物体側に凸面を向けたメニスカス状の正レンズ、物体側に凸面を向けたメニスカス状の負レンズ、像側に凸面を向けたメニスカス状の正レンズを配置してなる4つのレンズを含むことを特徴とする請求項1に記載のズームレンズ。

【請求項7】 第M群光学系(M=1~3)の焦点距離を f_M 、広角端における全系の合成焦点距離を f_w とすると、これらが条件：

$$(1) \quad 2.62 < |f_1| / F_w < 2.72 \quad (f_1 < 0)$$

$$(2) \quad f_3 / f_w < 3.4$$

$$(3) \quad 0.57 < f_2 / f_3 < 0.65 \quad (f_2 > 0, f_3 > 0)$$

を満足することを特徴とする請求項1に記載のズームレンズ。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0009

【補正方法】変更

【補正内容】

【0009】本発明は、上述した事情に鑑みてなされたもので、3倍またはそれ以上の変倍比を得て、射出瞳位置を像面から十分に離間させて、しかも歪曲収差を抑えることができ、しかも小型で収差が少なく低コストで製造することが可能なデジタルスチルカメラ等に好適な明るい広角ズームレンズとして構成することが可能なズームレンズを提供することを目的としている。特に、本発明の請求項1の目的は、必要とするレンズ枚数が少なく、しかも小型で且つ収差が良好に補正されたズームレンズを提供することにある。本発明の請求項2の目的は、少ないレンズ枚数で小型で且つ収差が良好に補正されたズームレンズを提供することにある。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0010

【補正方法】変更

【補正内容】

【0010】本発明の請求項3の目的は、特に、小型で高変倍を実現させ得るズームレンズを提供することにある。本発明の請求項4の目的は、特に、球面収差が補正不足となるのを防止し得るズームレンズを提供することにある。本発明の請求項5の目的は、短焦点距離側で増大する負の歪曲収差を有効に補正し得るズームレンズを提供することにある。本発明の請求項6の目的は、特に、少ないレンズ枚数で、レンズ外径を小さくすると共に、第2レンズ群で発生する収差を効果的に補正し得るズームレンズを提供することにある。本発明の請求項7の目的は、少ないレンズ枚数で、3枚またはそれ以上の変倍比を得て、射出瞳位置を像面から十分に離間させることができると共に、歪曲収差を抑えることができ、小型で収差が少なくデジタルスチルカメラ等に好適な明るい広角ズームレンズを提供することにある。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0011

【補正方法】変更

【補正内容】

【0011】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載した本発明に係るズームレンズは、上述した目的を達成するために、物体側から像側へ向かって、順次、負の屈折力を有する第1群光学系、正の屈折力を有する第2群光学系、正の屈折力を有する第3群光学系を配設し、前記第2群光学系の物体側に、ズーム時に第2群光学系と一体に移動する開口絞りを設けるとともに、広角端から望遠

端へのズームに際し、前記第1群光学系は、光軸上をまず像側へ移動し、途中で移動方向を物体側へ反転することにより、像側に凸の弧状に移動して焦点位置の変動を補正し、前記第2群光学系は、光軸上を単調に移動して変倍を行い、前記第1群光学系は非球面を設けた負レンズを有し、前記第2群光学系は非球面を設けた正レンズを有し、前記第2群光学系は、物体側から像側へ向かって、順次、物体側に強い屈折面を向けた正レンズ、物体側に強い屈折面を向けた正レンズ、像側に強い屈折面を向けた負レンズ、正レンズを配置してなることを特徴としている。請求項2に記載した本発明に係るズームレンズは、第3群光学系を1枚の正レンズで構成したことを特徴としている。

【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0012

【補正方法】変更

【補正内容】

【0012】請求項3に記載した本発明に係るズームレンズは、第3群光学系はズームに際して移動することを特徴としている。請求項4に記載した本発明に係るズームレンズは、第2群光学系の非球面を設けた正レンズは、絞りに最も近接して配設され、物体側のレンズ面が非球面であり、その非球面は、光軸から離れるに従い正の屈折力が弱くなる形状であることを特徴としている。請求項5に記載した本発明に係るズームレンズは、第1群光学系は、物体側から像側へ向かって、順次、物体側に凸面を向けたメニスカス状の負レンズと、物体側に凸面を向けたメニスカス状の正レンズを配置してなるとともに、最も物体側に位置するメニスカス状の負レンズは、像側のレンズ面が非球面であり、その非球面は、光軸から離れるに従い負の屈折力が弱くなる形状であることを特徴としている。

【手続補正6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0013

【補正方法】変更

【補正内容】

【0013】請求項6に記載した本発明に係るズームレンズは、第2群光学系は、物体側から像側へ向かって、順次、物体側に強い屈折面を向けた正レンズ、物体側に凸面を向けたメニスカス状の正レンズ、物体側に凸面を向けたメニスカス状の負レンズ、像側に凸面を向けたメニスカス状の正レンズを配置してなる4つのレンズを含むことを特徴としている。請求項7に記載した本発明に係るズームレンズは、第M群光学系 ($M=1\sim3$) の焦点距離を f_M 、広角端における全系の合成焦点距離を f_w とするとき、これらが条件：

$$(1) \quad 2.62 < |f_1| / F_w < 2.72 \quad (f_1 < 0)$$

$$(2) \quad f_3 / f_w < 3.4$$

$$(3) \quad 0.57 < f_2 / f_3 < 0.65 \quad (f_2 > 0, f_3 > 0)$$

を満足することを特徴としている。

【手続補正 7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0014

【補正方法】変更

【補正内容】

【0014】

【作用】すなわち、本発明に係るズームレンズは、物体側から像側へ向かって、順次、負の屈折力を有する第 1 群光学系、正の屈折力を有する第 2 群光学系および正の屈折力を有する第 3 群光学系を配設し、前記第 2 群光学系の物体側に、ズーミング時に該第 2 群光学系と一体に移動する開口絞りを設けるとともに、広角端から望遠端へのズーミングに際し、前記第 1 群光学系は、光軸上をまず像側へ移動し、途中で移動方向を物体側へ反転することにより、像側に凸の弧状に移動して焦点位置の変動を補正し、前記第 2 群光学系は、光軸上を物体側へ単調に移動して変倍を行い、そして前記第 3 群光学系は、光軸上をまず物体側へ移動し、途中で移動方向を像側へ反転することにより、物体側に凸の弧状に移動して変倍を行う構成とする。

【手続補正 8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0017

【補正方法】変更

【補正内容】

【0017】また、本発明に係るズームレンズは、前記第 1 群光学系が、物体側から像側へ向かって、順次、物体側に凸面を向けたメニスカス状の負レンズ、そして物体側に凸面を向けたメニスカス状の正レンズを配置してなる 2 つのレンズを有し、且つ前記第 2 群光学系が、物体側から像側へ向かって、順次、物体側に強い屈折面を向けた正レンズ、物体側に凸面を向けたメニスカス状の正レンズ、物体側に凸面を向けたメニスカス状の負レンズ、そして物体側に凸面を向けたメニスカス状の正レンズを配置してなる 4 つのレンズを有する。このような構成により、特に、少ないレンズ枚数でズームレンズを構成し、且つレンズ外径を小さくするとともに、第 2 レンズ群で発生する収差を効果的に補正する。

【手続補正 9】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0018

【補正方法】変更

【補正内容】

【0018】また、本発明に係るズームレンズは、前記第 1 群光学系の 2 つのレンズのうちの最も物体側に位置するメニスカス状の負レンズの像側のレンズ面を、光軸から離れるに従い負の屈折力が弱くなる形状の非球面とする。このような構成により、特に、短焦点距離側で増

大する負の歪曲収差を有効に補正する。また、本発明に係るズームレンズは、前記第 2 群光学系の 4 つのレンズのうちの最も物体側に位置する正レンズの物体側のレンズ面を光軸から離れるに従い正の屈折力が弱くなる形状の非球面とする。このような構成により、特に、球面収差が補正不足となるのを防止する。

【手続補正 10】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0022

【補正方法】変更

【補正内容】

【0022】第 1 レンズ群 G 1 は、広角端から望遠端へのズーミングに際して、図 1 に示すように、光軸上をまず像側へ移動し、途中から移動方向を反転して物体側に移動する。第 1 レンズ群 G 1 は、このように、像側に凸の弧状の軌跡を描いて移動することにより、広角端から望遠端へのズーミングに際しての、焦点位置の変動を補正する。第 2 レンズ群 G 2 は、広角端から望遠端へのズーミングに際して、光軸上を物体側に単調に移動する。第 3 レンズ群 G 3 は、広角端から望遠端へのズーミングに際して、光軸上をまず物体側へ移動し、途中から移動方向を反転して像側に移動する。

【手続補正 11】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0023

【補正方法】変更

【補正内容】

【0023】第 3 レンズ群 G 3 は、このように、物体側に凸の弧状の軌跡を描いて移動する。これら第 2 レンズ群 G 2 および第 3 レンズ群 G 3 の移動による変倍動作により、広角端から望遠端へのズーミングが行われる。このように、第 3 レンズ群 G 3 を、物体側に凸の弧状に往復移動させることにより、第 2 レンズ群 G 2 のパワー負担を軽減させながら変倍の補助を担わせて、第 2 レンズ群 G 2 の移動量を少なくして、小型で且つ高変倍を実現させることを可能としている。

【手続補正 12】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0045

【補正方法】変更

【補正内容】

【0045】尚、図 5 においては、各面間隔の符号を省略してあるが、図 1 に付した符号と同じである。レンズ L 1' および L 2' からなる第 1 レンズ群 G 1' は、負の屈折力を有する。レンズ L 3' ~ L 6' からなる第 2 レンズ群 G 2' は、正の屈折力を有する。レンズ L 7' からなる第 3 レンズ群 G 3' は、正の屈折力を有する。第 1 レンズ群 G 1' は、広角端から望遠端へのズーミングに際して、光軸上をまず像側へ移動し、途中から移動

方向を反転して物体側に移動する。第1レンズ群G1'は、このように、像側に凸の弧状の軌跡を描いて移動することにより、広角端から望遠端へのズームングに際しての、焦点位置の変動を補正する。

【手続補正13】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0046

【補正方法】変更

【補正内容】

【0046】第2レンズ群G2'は、広角端から望遠端へのズームングに際して、光軸上を物体側に単調に移動する。第3レンズ群G3'は、広角端から望遠端へのズームングに際して、光軸上をまず物体側へ移動し、途中から移動方向を反転して像側に移動する。第3レンズ群G3'は、このように、物体側に凸の弧状の軌跡を描いて移動する。これら第2レンズ群G2'および第3レンズ群G3'の移動による変倍動作により、広角端から望遠端へのズームングが行われる。このように、第3レンズ群G3'を、物体側に凸の弧状に往復移動させることにより、第2レンズ群G2'のパワー負担を軽減させながら変倍の補助を担わせて、第2レンズ群G2'の移動量を少なくして、小型で且つ高変倍を実現させることを可能としている。

【手続補正14】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0059

【補正方法】変更

【補正内容】

【0059】第1レンズ群G1''は、広角端から望遠端へのズームングに際して、光軸上をまず像側へ移動し、途中から移動方向を反転して物体側に移動する。第1レンズ群G1''は、このように、像側に凸の弧状の軌跡を描いて移動することにより、広角端から望遠端へのズームングに際しての、焦点位置の変動を補正する。第2レンズ群G2''は、広角端から望遠端へのズームングに際して、光軸上を物体側に単調に移動する。第3レンズ群G3''は、広角端から望遠端へのズームングに際して、光軸上をまず物体側へ移動し、途中から移動方向を反転して像側に移動する。第3レンズ群G3''は、このように、物体側に凸の弧状の軌跡を描いて移動する。これら第2レンズ群G2''および第3レンズ群G3''の移動による変倍動作により、広角端から望遠端へのズームングが行われる。

【手続補正15】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0060

【補正方法】変更

【補正内容】

【0060】このように、第3レンズ群G3''を、物体側に凸の弧状に往復移動させることにより、第2レンズ

群G2''のパワー負担を軽減させながら変倍の補助を担わせて、第2レンズ群G2''の移動量を少なくして、小型で且つ高変倍を実現させることを可能としている。第2レンズ群G2''の物体側に位置する開口絞りSは、第2レンズ群G2''と一体に移動する。したがって、開口絞りSにより第2レンズ群G2''の移動が妨げられることはない。上記第1～第3レンズ群G1''～G3''は、第1および第2の実施の形態の場合と同様に、第Mレンズ群(M=1～3)の焦点距離を f_M とし、広角端における全系の合成焦点距離 f_H とすると、上述した条件(1)～(3)を満足するように構成されている。

【手続補正16】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0072

【補正方法】変更

【補正内容】

【0072】

【発明の効果】以上述べたように、本発明の請求項1によれば、物体側から像側へ向かって、順次、負の屈折力を有する第1群光学系、正の屈折力を有する第2群光学系、正の屈折力を有する第3群光学系を配設し、前記第2群光学系の物体側に、ズームング時に該第2群光学系と一体に移動する開口絞りを設けるとともに、広角端から望遠端へのズームングに際し、前記第1群光学系は、光軸上をまず像側へ移動し、途中で移動方向を物体側へ反転することにより、像側に凸の弧状に移動して焦点位置の変動を補正し、前記第2群光学系は、光軸上を単調に移動して変倍を行い、前記第1群光学系は非球面を設けた負レンズを有し、前記第2群光学系は非球面を設けた正レンズを有し、前記第2群光学系は、物体側から像側へ向かって、順次、物体側に強い屈折面を向けた正レンズ、物体側に強い屈折面を向けた正レンズ、像側に強い屈折面を向けた負レンズ、正レンズを配置してなる構成であるので、特に、少ないレンズ枚数でズームレンズを構成し且つ小型化するとともに、第2レンズ群で発生する収差を効果的に補正することができ、第1群光学系が、像側に凸の弧状の軌跡を描いて移動することにより、広角端から無限遠へのズームングに際しての、焦点移動を補正し得るズームレンズを提供することができ、また、本発明の請求項2のズームレンズによれば、第3群光学系を1枚の正レンズで構成したので、少ないレンズ枚数でありながら、小型で且つ収差を良好に補正することができる。

【手続補正17】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0073

【補正方法】変更

【補正内容】

【0073】本発明の請求項3のズームレンズによれば、第3群光学系を、ズームングに際して移動するよう

に構成したので、第 2 群光学系のパワー負担を軽減させながら、変倍の補助を担わせ、第 2 群光学系の移動量を少なく小型で且つ高変倍を実現させることができる。また、本発明の請求項 4 のズームレンズによれば、前記第 2 群光学系の非球面を設けた正レンズは、絞りに最も近接して配設され、物体側のレンズ面が非球面であり、その非球面は、光軸から離れるに従い正の屈折力が弱くなる形状としたので、特に、球面収差が補正不足となるのを防止することができる。

【手続補正 1 8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 7 4

【補正方法】変更

【補正内容】

【0 0 7 4】本発明の請求項 5 のズームレンズによれば、前記第 1 群光学系は、物体側から像側へ向かって、順次、物体側に凸面を向けたメニスカス状の負レンズと、物体側に凸面を向けたメニスカス状の正レンズを配

$$(1) \quad 2.62 < |f_1| / f_M < 2.72 \quad (f_1 < 0)$$

$$(2) \quad f_3 / f_M < 3.4$$

$$(3) \quad 0.57 < f_2 / f_3 < 0.65 \quad (f_2 > 0, f_3 > 0)$$

を満足するように構成したので、第 3 群光学系を往復移動させることによって、第 2 群光学系のパワー負担を軽減させながら変倍の補助を担わせ、第 2 群の移動量を少なくして小型で且つ高変倍を実現させることができる。特に、第 1 群光学系の焦点距離の範囲を条件 (1) の範囲とすることによって、ズームレンズを小型化し、収差を少なくする。また、第 3 群光学系の正の屈折力を条件 (2) の範囲とすることによって、射出瞳位置を像面から離間させテレセントリック性を持たせる。さらに第 2

置してなるとともに、最も物体側に位置するメニスカス状の負レンズは、像側のレンズ面が非球面であり、その非球面は、光軸から離れるに従い負の屈折力が弱くなる形状としたので、特に、短焦点距離側で増大する負の歪曲収差を有効に補正することができる。本発明の請求項 6 のズームレンズによれば、前記第 2 群光学系は、物体側から像側へ向かって、順次、物体側に強い屈折面を向けた正レンズ、物体側に凸面を向けたメニスカス状の正レンズ、物体側に凸面を向けたメニスカス状の負レンズ、像側に凸面を向けたメニスカス状の正レンズを配置してなる 4 つのレンズを含む構成としたので、特に、少ないレンズ枚数でズームレンズを構成し、且つ、第 2 群光学系で発生する収差を効率的に補正することができる。また、本発明の請求項 7 のズームレンズによれば、第 M 群光学系 (M = 1 ~ 3) の焦点距離を f_M 、広角端における全系の合成焦点距離を f_M とするとき、これらが、条件：

群光学系と第 3 群光学系との正の屈折力の配分を、条件 (3) の範囲とすることによって、少ないレンズ枚数であるにもかかわらず、小型で、収差を良好に補正することができる。したがって、少ないレンズ枚数で、3 倍またはそれ以上の変倍比を得て、射出瞳位置を像面から充分に離間させることができるとともに、歪曲収差を抑えることができ、小型で収差が少なくデジタルスチルカメラ等に好適な明るい広角ズームレンズとして構成することが可能である。

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第6部門第2区分

【発行日】平成14年9月25日(2002.9.25)

【公開番号】特開平11-194274

【公開日】平成11年7月21日(1999.7.21)

【年通号数】公開特許公報11-1943

【出願番号】特願平10-10013

【国際特許分類第7版】

G02B 15/20

13/18

13/22

【F I】

G02B 15/20

13/18

13/22

【手続補正書】

【提出日】平成14年7月4日(2002.7.4)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】 物体側から像側へ向かって、順次、負の屈折力を有する第1群光学系、正の屈折力を有する第2群光学系、正の屈折力を有する第3群光学系を配設し、前記第2群光学系の物体側に、ズーム時に第2群光学系と一体に移動する開口絞りを設けるとともに、広角端から望遠端へのズームに際し、前記第1群光学系は、光軸上をまず像側へ移動し、途中で移動方向を物体側へ反転することにより、像側に凸の弧状に移動して焦点位置の変動を補正し、前記第2群光学系は、光軸上を単調に移動して変倍を行い、
前記第1群光学系は非球面を設けた負レンズを有し、前記第2群光学系は非球面を設けた正レンズを有し、
前記第2群光学系は、物体側から像側へ向かって、順次、物体側に強い屈折面を向けた正レンズ、物体側に強い屈折面を向けた正レンズ、像側に強い屈折面を向けた負レンズ、正レンズを配置してなることを特徴とする小型のズームレンズ。

【請求項2】 前記第3群光学系を1枚の正レンズで構成したことを特徴とする請求項1に記載のズームレンズ。

【請求項3】 前記第3群光学系はズームに際して移動することを特徴とする請求項1に記載のズームレンズ。

【請求項4】 前記第2群光学系の非球面を設けた正レンズは、絞りに最も近接して配設され、物体側のレンズ面が非球面であり、その非球面は、光軸から離れるに従い正の屈折力が弱くなる形状であることを特徴とする請求項1に記載のズームレンズ。

【請求項5】 前記第1群光学系は、物体側から像側へ向かって、順次、物体側に凸面を向けたメニスカス状の負レンズと、物体側に凸面を向けたメニスカス状の正レンズを配置してなるとともに、最も物体側に位置するメニスカス状の負レンズは、像側のレンズ面が非球面であり、その非球面は、光軸から離れるに従い負の屈折力が弱くなる形状であることを特徴とする請求項1に記載のズームレンズ。

【請求項6】 前記第2群光学系は、物体側から像側へ向かって、順次、物体側に強い屈折面を向けた正レンズ、物体側に凸面を向けたメニスカス状の正レンズ、物体側に凸面を向けたメニスカス状の負レンズ、像側に凸面を向けたメニスカス状の正レンズを配置してなる4つのレンズを含むことを特徴とする請求項1に記載のズームレンズ。

【請求項7】 第M群光学系(M=1~3)の焦点距離を f_M 、広角端における全系の合成焦点距離を f_w とするとき、これらが条件：

$$(1) \quad 2.62 < |f_1|/F_w < 2.72 \quad (f_1 < 0)$$

$$(2) \quad f_3/f_w < 3.4$$

$$(3) \quad 0.57 < f_2/f_3 < 0.65 \quad (f_2 > 0, f_3 > 0)$$

を満足することを特徴とする請求項1に記載のズームレンズ。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】 0009

【補正方法】 変更

【補正内容】

【0009】本発明は、上述した事情に鑑みてなされたもので、3倍またはそれ以上の変倍比を得て、射出瞳位置を像面から十分に離間させて、しかも歪曲収差を抑えることができ、しかも小型で収差が少なく低コストで製造することが可能なデジタルスチルカメラ等に好適な明るい広角ズームレンズとして構成することが可能なズームレンズを提供することを目的としている。特に、本発明の請求項1の目的は、必要とするレンズ枚数が少なく、しかも小型で且つ収差が良好に補正されたズームレンズを提供することにある。本発明の請求項2の目的は、少ないレンズ枚数で小型で且つ収差が良好に補正されたズームレンズを提供することにある。

【手続補正3】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 0010

【補正方法】 変更

【補正内容】

【0010】本発明の請求項3の目的は、特に、小型で高変倍を実現させ得るズームレンズを提供することにある。本発明の請求項4の目的は、特に、球面収差が補正不足となるのを防止し得るズームレンズを提供することにある。本発明の請求項5の目的は、短焦点距離側で増大する負の歪曲収差を有効に補正し得るズームレンズを提供することにある。本発明の請求項6の目的は、特に、少ないレンズ枚数で、レンズ外径を小さくすると共に、第2レンズ群で発生する収差を効果的に補正し得るズームレンズを提供することにある。本発明の請求項7の目的は、少ないレンズ枚数で、3枚またはそれ以上の変倍比を得て、射出瞳位置を像面から十分に離間させることができると共に、歪曲収差を抑えることができ、小型で収差が少なくデジタルスチルカメラ等に好適な明るい広角ズームレンズを提供することにある。

【手続補正4】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 0011

【補正方法】 変更

【補正内容】

【0011】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載した本発明に係るズームレンズは、上述した目的を達成するために、物体側から像側へ向かって、順次、負の屈折力を有する第1群光学系、正の屈折力を有する第2群光学系、正の屈折力を有する第3群光学系を配設し、前記第2群光学系の物体側に、ズームング時に第2群光学系と一体に移動する開口絞りを設けるとともに、広角端から望遠

端へのズームングに際し、前記第1群光学系は、光軸上をまず像側へ移動し、途中で移動方向を物体側へ反転することにより、像側に凸の弧状に移動して焦点位置の変動を補正し、前記第2群光学系は、光軸上を単調に移動して変倍を行い、前記第1群光学系は非球面を設けた負レンズを有し、前記第2群光学系は非球面を設けた正レンズを有し、前記第2群光学系は、物体側から像側へ向かって、順次、物体側に強い屈折面を向けた正レンズ、物体側に強い屈折面を向けた正レンズ、像側に強い屈折面を向けた負レンズ、正レンズを配置してなることを特徴としている。請求項2に記載した本発明に係るズームレンズは、第3群光学系を1枚の正レンズで構成したことを特徴としている。

【手続補正5】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 0012

【補正方法】 変更

【補正内容】

【0012】請求項3に記載した本発明に係るズームレンズは、第3群光学系はズームングに際して移動することを特徴としている。請求項4に記載した本発明に係るズームレンズは、第2群光学系の非球面を設けた正レンズは、絞りに最も近接して配設され、物体側のレンズ面が非球面であり、その非球面は、光軸から離れるに従い正の屈折力が弱くなる形状であることを特徴としている。請求項5に記載した本発明に係るズームレンズは、第1群光学系は、物体側から像側へ向かって、順次、物体側に凸面を向けたメニスカス状の負レンズと、物体側に凸面を向けたメニスカス状の正レンズを配置してなるとともに、最も物体側に位置するメニスカス状の負レンズは、像側のレンズ面が非球面であり、その非球面は、光軸から離れるに従い負の屈折力が弱くなる形状であることを特徴としている。

【手続補正6】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 0013

【補正方法】 変更

【補正内容】

【0013】請求項6に記載した本発明に係るズームレンズは、第2群光学系は、物体側から像側へ向かって、順次、物体側に強い屈折面を向けた正レンズ、物体側に凸面を向けたメニスカス状の正レンズ、物体側に凸面を向けたメニスカス状の負レンズ、像側に凸面を向けたメニスカス状の正レンズを配置してなる4つのレンズを含むことを特徴としている。請求項7に記載した本発明に係るズームレンズは、第M群光学系 ($M=1\sim3$) の焦点距離を f_M 、広角端における全系の合成焦点距離を f_w とするとき、これらが条件；

$$(1) \quad 2.62 < |f_1| / f_w < 2.72 \quad (f_1 < 0)$$

$$(2) \quad f_3 / f_w < 3.4$$

$$(3) \quad 0.57 < f_2/f_3 \leq 0.65 \quad (f_2 > 0, f_3 > 0)$$

を満足することを特徴としている。

【手続補正7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0014

【補正方法】変更

【補正内容】

【0014】

【作用】すなわち、本発明に係るズームレンズは、物体側から像側へ向かって、順次、負の屈折力を有する第1群光学系、正の屈折力を有する第2群光学系および正の屈折力を有する第3群光学系を配設し、前記第2群光学系の物体側に、ズーミング時に該第2群光学系と一体に移動する開口絞りを設けるとともに、広角端から望遠端へのズーミングに際し、前記第1群光学系は、光軸上をまず像側へ移動し、途中で移動方向を物体側へ反転することにより、像側に凸の弧状に移動して焦点位置の変動を補正し、前記第2群光学系は、光軸上を物体側へ単調に移動して変倍を行い、そして前記第3群光学系は、光軸上をまず物体側へ移動し、途中で移動方向を像側に反転することにより、物体側に凸の弧状に移動して変倍を行う構成とする。

【手続補正8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0017

【補正方法】変更

【補正内容】

【0017】また、本発明に係るズームレンズは、前記第1群光学系が、物体側から像側へ向かって、順次、物体側に凸面を向けたメニスカス状の負レンズ、そして物体側に凸面を向けたメニスカス状の正レンズを配置してなる2つのレンズを有し、且つ前記第2群光学系が、物体側から像側へ向かって、順次、物体側に強い屈折面を向けた正レンズ、物体側に凸面を向けたメニスカス状の負レンズ、そして物体側に凸面を向けたメニスカス状の正レンズを配置してなる4つのレンズを有する。このような構成により、特に、少ないレンズ枚数でズームレンズを構成し、且つレンズ外径を小さくするとともに、第2レンズ群で発生する収差を効果的に補正する。

【手続補正9】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0018

【補正方法】変更

【補正内容】

【0018】また、本発明に係るズームレンズは、前記第1群光学系の2つのレンズのうちの最も物体側に位置するメニスカス状の負レンズの像側のレンズ面を、光軸から離れるに従い負の屈折力が弱くなる形状の非球面とする。このような構成により、特に、短焦点距離側で増

大する負の歪曲収差を有効に補正する。また、本発明に係るズームレンズは、前記第2群光学系の4つのレンズのうちの最も物体側に位置する正レンズの物体側のレンズ面を光軸から離れるに従い正の屈折力が弱くなる形状の非球面とする。このような構成により、特に、球面収差が補正不足となるのを防止する。

【手続補正10】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0022

【補正方法】変更

【補正内容】

【0022】第1レンズ群G1は、広角端から望遠端へのズーミングに際して、図1に示すように、光軸上をまず像側へ移動し、途中から移動方向を反転して物体側に移動する。第1レンズ群G1は、このように、像側に凸の弧状の軌跡を描いて移動することにより、広角端から望遠端へのズーミングに際しての、焦点位置の変動を補正する。第2レンズ群G2は、広角端から望遠端へのズーミングに際して、光軸上を物体側に単調に移動する。第3レンズ群G3は、広角端から望遠端へのズーミングに際して、光軸上をまず物体側へ移動し、途中から移動方向を反転して像側に移動する。

【手続補正11】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0023

【補正方法】変更

【補正内容】

【0023】第3レンズ群G3は、このように、物体側に凸の弧状の軌跡を描いて移動する。これら第2レンズ群G2および第3レンズ群G3の移動による変倍動作により、広角端から望遠端へのズーミングが行われる。このように、第3レンズ群G3を、物体側に凸の弧状に往復移動させることにより、第2レンズ群G2のパワー負担を軽減させながら変倍の補助を担わせて、第2レンズ群G2の移動量を少なくして、小型で且つ高変倍を実現させることを可能としている。

【手続補正12】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0045

【補正方法】変更

【補正内容】

【0045】尚、図5においては、各面間隔の符号を省略してあるが、図1に付した符号と同じである。レンズL1'およびL2'からなる第1レンズ群G1'は、負の屈折力を有する。レンズL3'～L6'からなる第2レンズ群G2'は、正の屈折力を有する。レンズL7'からなる第3レンズ群G3'は、正の屈折力を有する。第1レンズ群G1'は、広角端から望遠端へのズーミングに際して、光軸上をまず像側へ移動し、途中から移動

方向を反転して物体側に移動する。第 1 レンズ群 $G 1'$ は、このように、像側に凸の弧状の軌跡を描いて移動することにより、広角端から望遠端へのズームに際しての、焦点位置の変動を補正する。

【手続補正 1 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 4 6

【補正方法】変更

【補正内容】

【0 0 4 6】第 2 レンズ群 $G 2'$ は、広角端から望遠端へのズームに際して、光軸上を物体側に単調に移動する。第 3 レンズ群 $G 3'$ は、広角端から望遠端へのズームに際して、光軸上をまず物体側へ移動し、途中から移動方向を反転して像側に移動する。第 3 レンズ群 $G 3'$ は、このように、物体側に凸の弧状の軌跡を描いて移動する。これら第 2 レンズ群 $G 2'$ および第 3 レンズ群 $G 3'$ の移動による変倍動作により、広角端から望遠端へのズームが行われる。このように、第 3 レンズ群 $G 3'$ を、物体側に凸の弧状に往復移動させることにより、第 2 レンズ群 $G 2'$ のパワー負担を軽減させながら変倍の補助を担わせて、第 2 レンズ群 $G 2'$ の移動量を少なくして、小型で且つ高変倍を実現させることを可能としている。

【手続補正 1 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 5 9

【補正方法】変更

【補正内容】

【0 0 5 9】第 1 レンズ群 $G 1''$ は、広角端から望遠端へのズームに際して、光軸上をまず像側へ移動し、途中から移動方向を反転して物体側に移動する。第 1 レンズ群 $G 1''$ は、このように、像側に凸の弧状の軌跡を描いて移動することにより、広角端から望遠端へのズームに際しての、焦点位置の変動を補正する。第 2 レンズ群 $G 2''$ は、広角端から望遠端へのズームに際して、光軸上を物体側に単調に移動する。第 3 レンズ群 $G 3''$ は、広角端から望遠端へのズームに際して、光軸上をまず物体側へ移動し、途中から移動方向を反転して像側に移動する。第 3 レンズ群 $G 3''$ は、このように、物体側に凸の弧状の軌跡を描いて移動する。これら第 2 レンズ群 $G 2''$ および第 3 レンズ群 $G 3''$ の移動による変倍動作により、広角端から望遠端へのズームが行われる。

【手続補正 1 5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 6 0

【補正方法】変更

【補正内容】

【0 0 6 0】このように、第 3 レンズ群 $G 3''$ を、物体側に凸の弧状に往復移動させることにより、第 2 レンズ

群 $G 2''$ のパワー負担を軽減させながら変倍の補助を担わせて、第 2 レンズ群 $G 2''$ の移動量を少なくして、小型で且つ高変倍を実現させることを可能としている。第 2 レンズ群 $G 2''$ の物体側に位置する開口絞り S は、第 2 レンズ群 $G 2''$ と一体に移動する。したがって、開口絞り S により第 2 レンズ群 $G 2''$ の移動が妨げられることはない。上記第 1 ～ 第 3 レンズ群 $G 1'' \sim G 3''$ は、第 1 および第 2 の実施の形態の場合と同様に、第 M レンズ群 ($M = 1 \sim 3$) の焦点距離を f_M とし、広角端における全系の合成焦点距離 f_Σ とするとき、上述した条件 (1) ～ (3) を満足するように構成されている。

【手続補正 1 6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 7 2

【補正方法】変更

【補正内容】

【0 0 7 2】

【発明の効果】以上述べたように、本発明の請求項 1 によれば、物体側から像側へ向かって、順次、負の屈折力を有する第 1 群光学系、正の屈折力を有する第 2 群光学系、正の屈折力を有する第 3 群光学系を配設し、前記第 2 群光学系の物体側に、ズーム時に該第 2 群光学系と一体に移動する開口絞りを設けるとともに、広角端から望遠端へのズームに際し、前記第 1 群光学系は、光軸上をまず像側へ移動し、途中で移動方向を物体側へ反転することにより、像側に凸の弧状に移動して焦点位置の変動を補正し、前記第 2 群光学系は、光軸上を単調に移動して変倍を行い、前記第 1 群光学系は非球面を設けた負レンズを有し、前記第 2 群光学系は非球面を設けた正レンズを有し、前記第 2 群光学系は、物体側から像側へ向かって、順次、物体側に強い屈折面を向けた正レンズ、物体側に強い屈折面を向けた正レンズ、像側に強い屈折面を向けた負レンズ、正レンズを配置してなる構成であるので、特に、少ないレンズ枚数でズームレンズを構成し且つ小型化するとともに、第 2 レンズ群で発生する収差を効果的に補正することができ、第 1 群光学系が、像側に凸の弧状の軌跡を描いて移動することにより、広角端から無限遠へのズームに際しての、焦点移動を補正し得るズームレンズを提供することができる。また、本発明の請求項 2 のズームレンズによれば、第 3 群光学系を 1 枚の正レンズで構成したので、少ないレンズ枚数でありながら、小型で且つ収差を良好に補正することができる。

【手続補正 1 7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 7 3

【補正方法】変更

【補正内容】

【0 0 7 3】本発明の請求項 3 のズームレンズによれば、第 3 群光学系を、ズームに際して移動するよう

に構成したので、第2群光学系のパワー負担を軽減させながら、変倍の補助を担わせ、第2群光学系の移動量を少なく小型で且つ高変倍を実現させることができる。また、本発明の請求項4のズームレンズによれば、前記第2群光学系の非球面を設けた正レンズは、絞りに最も近接して配設され、物体側のレンズ面が非球面であり、その非球面は、光軸から離れるに従い正の屈折力が弱くなる形状としたので、特に、球面収差が補正不足となるのを防止することができる。

【手続補正18】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0074

【補正方法】変更

【補正内容】

【0074】本発明の請求項5のズームレンズによれば、前記第1群光学系は、物体側から像側へ向かって、順次、物体側に凸面を向けたメニスカス状の負レンズと、物体側に凸面を向けたメニスカス状の正レンズを配

$$(1) \quad 2.62 < |f_1| / f_{\text{F}} < 2.72 \quad (f_1 < 0)$$

$$(2) \quad f_3 / f_{\text{F}} < 3.4$$

$$(3) \quad 0.57 < f_2 / f_3 < 0.65 \quad (f_2 > 0, f_3 > 0)$$

を満足するように構成したので、第3群光学系を往復移動させることによって、第2群光学系のパワー負担を軽減させながら変倍の補助を担わせ、第2群の移動量を少なくして小型で且つ高変倍を実現させることができる。特に、第1群光学系の焦点距離の範囲を条件(1)の範囲とすることによって、ズームレンズを小型化し、収差を少なくする。また、第3群光学系の正の屈折力を条件(2)の範囲とすることによって、射出瞳位置を像面から離間させテレセントリック性を持たせる。さらに第2

置してなるとともに、最も物体側に位置するメニスカス状の負レンズは、像側のレンズ面が非球面であり、その非球面は、光軸から離れるに従い負の屈折力が弱くなる形状としたので、特に、短焦点距離側で増大する負の歪曲収差を有効に補正することができる。本発明の請求項6のズームレンズによれば、前記第2群光学系は、物体側から像側へ向かって、順次、物体側に強い屈折面を向けた正レンズ、物体側に凸面を向けたメニスカス状の正レンズ、物体側に凸面を向けたメニスカス状の負レンズ、像側に凸面を向けたメニスカス状の正レンズを配置してなる4つのレンズを含む構成としたので、特に、少ないレンズ枚数でズームレンズを構成し、且つ、第2群光学系で発生する収差を効率的に補正することができる。また、本発明の請求項7のズームレンズによれば、第M群光学系(M=1~3)の焦点距離を f_M 、広角端における全系の合成焦点距離を f_{F} とすると、これらが、条件：

群光学系と第3群光学系との正の屈折力の配分を、条件(3)の範囲とすることによって、少ないレンズ枚数であるにもかかわらず、小型で、収差を良好に補正することができる。したがって、少ないレンズ枚数で、3倍またはそれ以上の変倍比を得て、射出瞳位置を像面から充分に離間させることができるとともに、歪曲収差を抑えることができ、小型で収差が少なくデジタルスチルカメラ等に好適な明るい広角ズームレンズとして構成することが可能である。